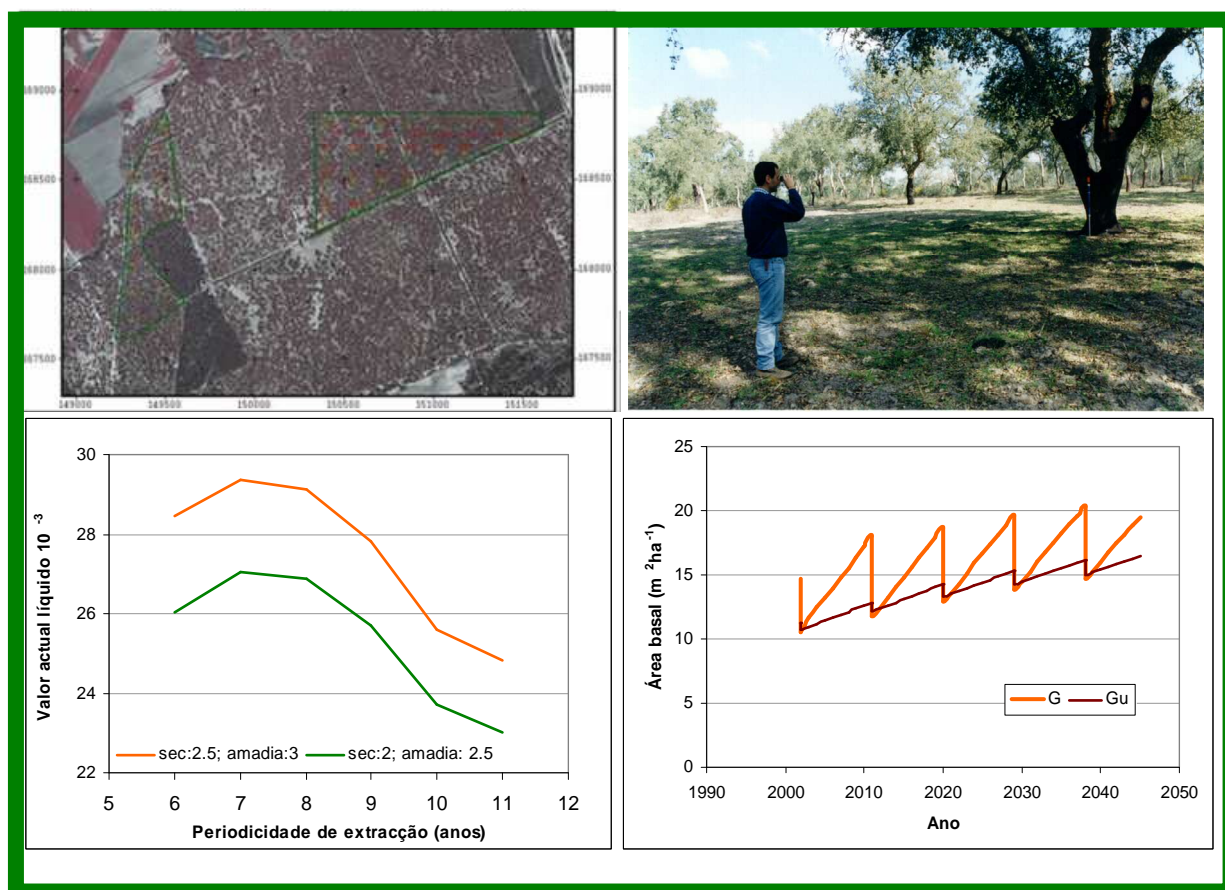


Demonstração da gestão do montado de sobre apoiada em inventário florestal e modelos de crescimento e produção

PROJECTO AGRO nº 81

Relatório Final – Relatório de Execução Material (Volume I)

Margarida Tomé



Como referenciar este documento:

Tomé, M. 2005. Demonstração da gestão do montado de sobro apoiada em inventário florestal e modelos de crescimento e produção. PROJECTO AGRO nº 81. Relatório Final – Relatório de Execução Material (Volume I). Publicações GIMREF RFP 1/2005. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior Agronomia. Centro de Estudos Florestais. Lisboa. 56 pp.

Índice do Relatório de Execução Material (Volume I)

PARTE A – Informação geral

1. Identificação do projecto _____	01
2. Período coberto pelo relatório _____	02
3. Actividades desenvolvidas _____	02
4. Dificuldades encontradas na execução do projecto _____	02
5. Principais publicações originadas no projecto _____	03
6. Nota sobre os anexos ao relatório _____	06

PARTE B – Descrição das actividades desenvolvidas em cada tarefa

Tarefa 1. Divulgação do projecto e selecção de áreas de demonstração

1.1. Reunião com as Associações de Produtores _____	08
1.2. Visita às áreas de demonstração propostas pelas Associações de Produtores _____	08
1.3. Selecção das áreas de demonstração _____	08

Tarefa 2. Amostragem das áreas de demonstração

2.1. Planeamento da amostragem _____	10
2.2. Protocolo de campo para a realização da amostragem _____	14
2.3. Realização do trabalho de campo _____	14

Tarefa 3. Base de dados SUBER-DATA

Sem sub-tarefas _____	16
-----------------------	----

Tarefa 4. Tratamento de dados

4.1. Tratamento dos dados da amostragem. Proposta de uma metodologia _____	17
--	----

4.2. Desenvolvimento de equações para a predição do peso seco de cortiça _____ 46

Tarefa 5. Desenvolvimento de uma metodologia para estabelecer a ligação entre os dados de inventário e o modelo SUBER

Sem sub-tarefas _____ 50

Tarefa 6. Programação de interfaces computacionais

Sem sub-tarefas _____ 52

Tarefa 7. Manual para a preparação de planos de gestão de montados de sobre apoiados em inventário florestal e no modelo SUBER

Sem sub-tarefas _____ 53

Tarefa 8. Divulgação dos resultados

Sem sub-tarefas _____ 54

Referências bibliográficas _____ 55

Lista de Anexos (Volume II)

Anexo 1. Trabalhos de Fim de Curso e Tese de Mestrado:

Resumos dos Trabalhos de Fim do Curso de Engenharia Florestal e de uma Tese em Engenharia dos Materiais Lenho-Celulósicos, realizados no âmbito do projecto

Anexo 2. Publicação com o protocolo de campo utilizado no inventário das áreas de demonstração:

Luís, M., Soares, P. & Tomé, M., 2002. Protocolo para o estabelecimento de parcelas de campo em montados de sobro nas áreas de demonstração seleccionadas para o Projecto Agro “Demonstração da gestão dos montados de sobro apoiada em inventário florestal e modelos de crescimento e produção”. Relatórios Técnicos do GIMREF, nº T6/2002. Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal.

Anexo 3. Publicação com a descrição da base de dados SUBER-DATA:

Coelho, M. B., Godinho, J. M., Ribeiro, F. E Freire, J., 2002. SUBERDATA 2 – Manual para o utilizador. Relatórios Técnicos do GIMREF, nº T8/2002. Instituto Superior de Agronomia, Centro de Estudos Florestais, Lisboa, Portugal

Anexo 4. Publicação digital com uma aplicação do modelo SUBER à gestão de montados de sobro:

Tomé, M., Coelho, M.B., Lima, J.C., Luís, M.L., & Simões, T., 2005. Utilização do modelo SUBER como apoio a decisões de gestão florestal. IV Congresso Florestal Nacional, Sociedade Portuguesa das Ciências Florestais, publicação em CD.

Anexo 5. Publicação com o “Manual para a realização de inventários florestais para efeitos da gestão de montados de sobro”:

Meyer, A. & Tomé, M., 2005. Manual para a realização de inventários florestais para efeitos da gestão de montados de sobro. Relatórios Técnicos do GIMREF, nº 2/2005 (draft).

Anexo 6. Publicação com o Manual da versão interactiva do modelo SUBER 4.0 “:

Tomé, M., 2005. Manual da versão interactiva do modelo SUBER 4.0. Relatórios Técnicos do GIMREF nº 1/2005. Instituto Superior de Agronomia, Centro de Estudos Florestais, Lisboa, Portugal (draft).

Anexo 7. Apresentação de divulgação do projecto:

Apresentação do projecto, Instituto Superior de Agronomia, Departamento de Engenharia Florestal, Janeiro de 2001.

Anexo 8. Comunicação oral ao IV Congresso Florestal Nacional:

Comunicação oral ao IV Congresso Florestal Nacional, realizado em Évora (28-30 Novembro 2001): "Utilização do modelo SUBER como apoio a decisões de gestão de Montados de Sobreiro".

Anexo 9. Comunicação sob a forma de poster ao congresso IEFC/CEF/IUFRO:

Comunicação sob a forma de poster no congresso IEFC/CEF/IUFRO (Lisboa, Portugal) "Incorporating forest growth models into decision support tools for sustainable forest management" (6-8 Junho 2002), com resumo publicado: "SUBER – a model for simulation of cork oak stands development"

Anexo 10. Comunicação oral ao congresso IEFC/CEF/IUFRO:

Comunicação oral no congresso IEFC/CEF/IUFRO (Lisboa, Portugal) "Incorporating forest growth models into decision support tools for sustainable forest management" (6-8 Junho 2002), com resumo publicado: "Using the SUBER model to support management decisions at stand level in *Quercus suber* forests"

Anexo 11. Comunicação oral ao V Congresso Florestal Nacional:

Comunicação oral ao V Congresso Florestal Nacional, realizado em Viseu (16-19 Maio 2005) e repetida na CAP, 22 de Junho: Gestão de montados de sobreiro apoiada em inventário florestal e no modelo SUBER, 22 de Junho.

Anexo 12. Clima dos concelhos:

Valores das variáveis climáticas para os vários concelhos de Portugal

Anexo 13. Equações do modelo SUBER:

Equações utilizadas pelo modelo SUBER para a predição do crescimento das árvores, assim como para a predição do crescimento e produção de cortiça.

Anexo 14. Estudo sobre a dimensão da parcela média

PROJECTO AGRO nº 81

**Demonstração da gestão do montado de sobre apoiada em inventário florestal
e modelos de crescimento e produção**

Relatório Final - Relatório de Execução Material

PARTE A – INFORMAÇÃO GERAL



PROJECTO AGRO nº 81

Demonstração da gestão do montado de sobro apoiada em inventário florestal e modelos de crescimento e produção

Relatório Final - Relatório de Execução Material

1. Identificação do Projecto

Título: Demonstração da gestão de montados de sobro apoiada em inventário florestal e modelos de crescimento e produção

Entidades: a) Instituto Superior de Agronomia
b) Federação dos Produtores Florestais de Portugal

Nº Contrato: a) 2001090040070
b) 2001090040096

Código: 81

Chefe de Projecto:

Nome completo: Maria Margarida Branco de Brito Tavares Tomé

Categoria/qualificação: Professor Catedrático

Entidade a que pertence: Instituto Superior de Agronomia / Centro de Estudos Florestais

Ass: _____

Responsável da Federação dos Produtores Florestais de Portugal:

Nome completo: Emílio José Vidigal Fazeres

Categoria/qualificação:

Ass: _____

2. Período coberto pelo relatório

De 1 de Novembro de 2001 a 30 de Janeiro de 2005

3. Actividades desenvolvidas

O projecto decorreu de acordo com as tarefas inicialmente propostas na fase de candidatura, tendo-se considerado pertinente juntar as tarefas 3 e 4 numa única:

- Tarefa 1. Divulgação do projecto e selecção de áreas de demonstração
- Tarefa 2. Amostragem das áreas de demonstração
- Tarefa 3. Base de dados SUBER-DATA
- Tarefa 4. Tratamento de dados
- Tarefa 5. Desenvolvimento da metodologia para estabelecer a ligação entre os dados de inventário e o modelo SUBER
- Tarefa 6. Programação de interfaces computacionais
- Tarefa 7. Manual para a preparação de planos de gestão de montados de sobre apoiados em inventário florestal e no modelo SUBER
- Tarefa 8. Divulgação dos resultados

Descrevem-se em seguida com algum detalhe as actividades realizadas no âmbito de cada tarefa. Sempre que existam já publicações relativas às actividades realizadas no âmbito de uma tarefa, optou-se por apresentar apenas um resumo destas actividades, apresentando-se em anexo a(s) publicação(ões) relevante(s).

4. Dificuldades encontradas na execução do projecto

O projecto teve algumas dificuldades na sua execução as quais resultaram da dificuldade de execução financeira experimentadas pelo parceiro Federação dos Produtores Florestais de Portugal (FPFP). O Chefe de Projecto tentou contornar as dificuldades sentidas, procurando financiamentos complementares e/ou simplificando a realização de algumas tarefas, sempre com o objectivo de não prejudicar a qualidade dos resultados a alcançar com o projecto. Dentre estas simplificações salientam-se:

- As medições realizadas no 2º ano do projecto (cujo financiamento estava inicialmente previsto ser realizado com o orçamento atribuído à FPFP e que foram totalmente financiadas pelo ISA) forma simplificadas, não se realizando medições de alturas (de acordo com os resultados já obtidos no 1º ano do projecto) e não se procedendo à amostragem de pesos de cortiça (uma vez que foi possível utilizar outros dados disponíveis no ISA/DEF)
- A programação das interfaces computacionais foi realizada pela equipa do projecto, em vez de encomendada por aquisição de serviços
- O “Manual para a gestão de montados de sobro apoiados em inventário florestal e no modelo SUBER” foi editado de forma mais modesta (edição do GIMREF, grupo de inventariação e modelação de recursos florestais do CEF/ISA)
- A sessão de apresentação dos resultados do projecto foi realizada em cooperação com a Confederação dos Agricultores de Portugal (CAP) e restringiu-se a uma manhã; está contudo planeada a realização de uma segunda sessão de apresentação a realizar na Chamusca, em Setembro, em colaboração com a ACHAR, a qual se pretende mais longa e incluindo a utilização do modelo pelos participantes (a sessão realizada na CAP foi essencialmente teórica)

Pese embora estas simplificações pensamos que os objectivos do projecto foram completamente alcançados, opinião que foi possível recolher também durante a sessão que decorreu na CAP.

5. Principais publicações originadas no projecto

Trabalhos finais de curso (resumos no Anexo 1)

- Aires, N., 2002. Inventário de um montado de sobro para efeitos de gestão apoiado no modelo SUBER. Trabalho Final de Curso em Engenharia Florestal, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal.
- Barata, C. A., 2002. Comparação de métodos para determinação do peso seco de cortiça ao nível da árvore. Trabalho Final de Curso em Engenharia Florestal, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal.
- Pyrrait, V., 2003. Análise de estratégias de amostragem para a caracterização de montados de sobro com o objectivo de inicializar o modelo SUBER. Trabalho Final de Curso em Engenharia Florestal, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal.

- Valente, L. R., 2003. Relação entre as porosidades das fases inicial e final do ciclo de crescimento da cortiça. Trabalho Final de Curso em Engenharia Florestal, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal.
- Cunha, I. B., 2004. Análise de estratégias de amostragem para a caracterização de montados de sobro. Trabalho Final de Curso em Engenharia Florestal, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal.
- Pinheiro, J. D., 2004. Comparação de métodos para a determinação do peso seco de cortiça na árvore. Trabalho Final de Curso em Engenharia Florestal, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal.

Tese de Mestrado (resumo no Anexo 1)

- Almeida, A. M., 2003. Delineamento da amostragem para avaliação do valor da cortiça no campo. Tese de Mestrado em Engenharia dos Materiais Lenho-Celulósicos, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal.

Trabalhos publicados

- Luís, M., Soares, P. & Tomé, M., 2002. Protocolo para o estabelecimento de parcelas de campo em montados de sobro nas áreas de demonstração seleccionadas para o Projecto Agro “Demonstração da gestão dos montados de sobro apoiada em inventário florestal e modelos de crescimento e produção”. Relatórios Técnicos do GIMREF, nº T6/2002. Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal (Anexo 2).
- Coelho, M. B., Godinho, J. M., Ribeiro, F. E Freire, J., 2002. SUBERDATA 2 – Manual para o utilizador. Relatórios Técnicos do GIMREF, nº T8/2002. Instituto Superior de Agronomia, Centro de Estudos Florestais, Lisboa, Portugal (Anexo 3).
- Tomé, M., Coelho, M.B., Lima, J.C., Luís, M. L., & Simões, T., 2005. Utilização do modelo SUBER como apoio a decisões de gestão florestal. IV Congresso Florestal Nacional, Sociedade Portuguesa das Ciências Florestais, publicação em CD (Anexo 4).
- Meyer, A. & Tomé, M., 2005. Manual para a realização de inventários florestais para efeitos de preparação de planos de gestão em montados de sobro (draft). Relatórios Técnicos do GIMREF, nº 2/2005, Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal (Anexo 5).

Tomé, M., 2005. Manual da versão interactiva do modelo SUBERFOR (draft). Relatórios Técnicos do GIMREF nº 1/2005. Instituto Superior de Agronomia, Centro de Estudos Florestais, Lisboa, Portugal (Anexo 6).

Trabalhos apresentados a congressos ou seminários

- Apresentação do projecto, Instituto Superior de Agronomia, Departamento de Engenharia Florestal, Janeiro de 2001 (Anexo 7)
- Comunicação oral no IV Congresso Florestal Nacional, realizado em Évora (28-30 Novembro 2001): "Utilização do modelo SUBER como apoio a decisões de gestão de Montados de Sobreiro" (Anexo 8)
- Comunicação sob a forma de poster no congresso IEFC/CEF/IUFRO (Lisboa, Portugal) "Incorporating forest growth models into decision support tools for sustainable forest management" (6-8 Junho 2002), com resumo publicado: "SUBER – a model for simulation of cork oak stands development" (Anexo 9)
- Comunicação oral no congresso IEFC/CEF/IUFRO (Lisboa, Portugal) "Incorporating forest growth models into decision support tools for sustainable forest management" (6-8 Junho 2002), com resumo publicado: "Using the SUBER model to support management decisions at stand level in *Quercus suber* forests" (Anexo 10)
- Comunicação oral no V Congresso Florestal Nacional, realizado em Viseu (16-19 Maio 2005) e repetida na CAP, 22 de Junho: Gestão de montados de sobreiro apoiada em inventário florestal e no modelo SUBER, 22 de Junho (Anexo 11).

Trabalhos em preparação

Paulo, J. A. e Tomé, M., (em preparação). Regionalized equations for cork weight prediction at tree level.

Cunha, I. B. & Tomé, M., (em preparação). Comparação de três métodos de amostragem para a caracterização de montados de sobreiro para efeitos de gestão. Relatórios Científicos do GIMREF, nº RC 1/2005. Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal.

Tomé, M. & Paulo, J. A., (em preparação). O modelo SUBER v4.0 – estrutura, equações e algoritmos. Relatórios Científicos do GIMREF, nº RC 2/2005. Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal.

Tomé, M., Almeida, A. M., Coelho, M. B. & Pereira, H., (em preparação). Field sampling of cork value before extraction.

Almeida, A. M. & Tomé, M., (em preparação). Sampling design for field estimation of cork value before extraction.

Tomé, M., Paulo, J. A. & Cunha, I. B., (em preparação). Comparing three sampling methods for the characterization of cork oak stands.

6. Nota sobre os anexos ao relatório

Para tornar a leitura do relatório mais fácil, optou-se por escrevê-lo de uma forma sintética, descrevendo resumidamente as várias actividades realizadas e remetendo para anexo a apresentação dos detalhes relacionados com cada uma das tarefas. Na maior parte dos casos, estes anexos são publicações das séries “Relatórios Técnicos” e “Relatórios Científicos” do Grupo de Inventariação e Modelação de Recursos Florestais (GIMREF) do Centro de Estudos Florestais. Algumas das publicações deste tipo apresentadas neste relatório são ainda o “draft” da publicação final. O carácter não definitivo destas publicações deve-se ao facto de o projecto SUBER-DEMO ter decorrido quase em simultâneo com dois outros projectos, os projectos SUBER-MODEL (POCTI/AGR/35172/99) e SUBERWOOD (EU QLK5-CT-2000-00701). Estes projectos centraram-se no melhoramento do modelo SUBER. O projecto SUBERWOOD termina apenas em Novembro de 2005, pelo que estão ainda em curso algumas actividades para melhoramento do modelo SUBER, as quais deverão ser incluídas nas publicações. Daí ter-se-lhes atribuído a propriedade “draft”. A parte que diz respeito aos resultados esperados do projecto SUBER-DEMO está concluída, embora possa haver algumas alterações na parte relativa ao melhoramento do modelo SUBER, cuja nova versão definitiva será um dos resultados do projecto SUBERWOOD.

PROJECTO AGRO nº 81

**Demonstração da gestão do montado de sobro apoiada em inventário florestal
e modelos de crescimento e produção**

Relatório Final - Relatório de Execução Material

PARTE B – DESCRIÇÃO DAS ACTIVIDADES DESENVOLVIDAS NAS TAREFAS



Tarefa 1. Divulgação do projecto e selecção de áreas de demonstração

1.1 Reunião com as Associações de Produtores

Realizou-se no dia 29 de Janeiro de 2001, no Departamento de Engenharia Florestal, uma reunião de apresentação do projecto. Estiveram presentes representantes de Direcções Regionais de Agricultura, de Associações de Produtores Florestais e de Empresas ligadas ao sector florestal. Na sequência desta sessão foram disponibilizados, por diversos proprietários e/ou Associações, povoamentos para a instalação de novas parcelas. A apresentação “PowerPoint” que foi preparada para esta sessão de divulgação encontra-se no Anexo 7.

1.2 Visita às áreas de demonstração propostas pelas Associações de Produtores

As áreas de demonstração disponibilizadas pelos proprietários e/ou Associações de Produtores foram visitadas pelos membros da equipa do projecto durante o primeiro e segundo ano do projecto, de forma a permitir seleccionar, em cada ano, três herdades. Tentou-se, tanto quanto possível, que as herdades representassem diferentes situações edafo-climáticas, assim como povoamentos com características distintas.

1.3 Selecção das áreas de demonstração

Na sequência das visitas realizadas às herdades, foram seleccionadas seis áreas de demonstração que estão designadas, neste relatório, pelo nome do concelho onde se localizam (figura 1).

As áreas representam, tal como pretendido, regiões diferentes e correspondem também a povoamentos com diferentes características e com variabilidade e estrutura distintas (tabela 1). Encontramos áreas bastante homogéneas, como é o caso da herdade de Alcácer até áreas bastante heterogéneas como são as herdades de Aljezur e Portel. A maior variabilidade encontrada em algumas áreas para a variável peso de cortiça (W_c) deve-se à existência, na mesma “folha” de cortiças de diferentes idades. Estão também representadas diferentes densidades, desde povoamentos com uma boa lotação, como é a herdade de Alcácer (com número de árvores e área basal ambos elevados), até povoamentos com uma baixa lotação, como são os casos de Portel, Coruche e Aljezur.

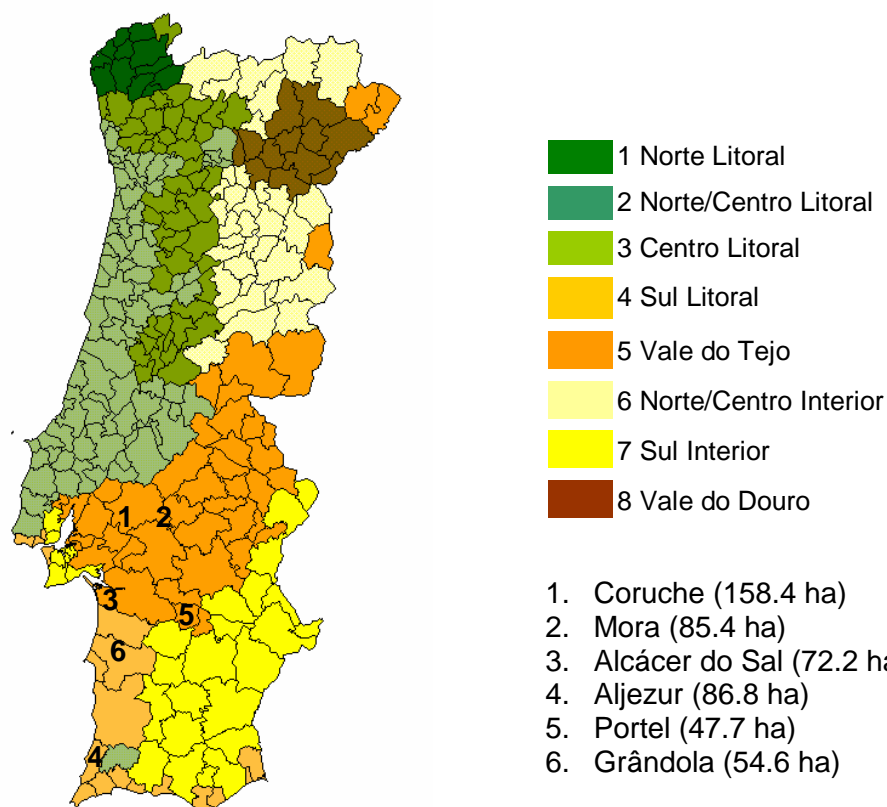


Figura 1. Localização das áreas de demonstração no mapa das regiões climáticas definidas por Ribeiro e Tomé (2000a).

Tabela 1. Caracterização dendrométrica das áreas de demonstração

Herdade	Variáveis dendrométricas								
	N (ha^{-1})			G ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$)			Wc (@ ha^{-1})		
	média	d.p.	C.V.	média	d.p.	C.V.	média	d.p.	C.V.
Coruche	58.74	25.59	43.56	4.07	1.99	48.86	44.42	31.54	71.00
Mora	81.80	23.10	28.24	6.01	1.62	26.96	64.72	25.64	39.62
Alcácer	96.68	32.14	32.57	11.33	1.87	16.48	116.21	33.12	28.50
Aljezur	95.24	46.81	49.15	4.79	3.31	69.15	43.24	38.15	88.21
Portel	42.70	24.64	57.70	4.48	2.57	57.28	66.67	39.51	59.26
Grândola	101.82	50.45	49.55	5.61	2.50	44.53	84.75	37.01	43.67

onde N é o número de árvores por ha, G é a área basal e Wc é o peso de cortiça amadia extraída em 2002 ou 2003 (áreas amostradas respectivamente em 2002 ou 2003).

Tarefa 2. Amostragem das áreas de demonstração

2.1 Planeamento da amostragem

A amostragem das áreas de demonstração foi realizada por amostragem sistemática baseada numa grelha de pontos para a selecção das parcelas a medir em cada povoamento. A dimensão da grelha foi determinada para cada um dos povoamentos estudado de modo a colocar cerca de 30 parcelas por povoamento assegurando-se assim uma amostra representativa ($n \geq 30$ implica já, do ponto de vista estadístico, uma grande amostra). A grelha foi construída em EXCEL e posteriormente exportada para ArcGIS e sobreposta ao ortofotomapa ou mapa do correspondente povoamento, adquirindo-se, deste modo, as coordenadas do centro das parcelas a amostrar (figuras 2 a 7).

Na realidade o número de parcelas medido em cada herdade nem sempre foi de 30, devido a duas causas principais. Em algumas das herdades encontrámos áreas de montado de azinho que, de acordo com a cartografia e informação dos proprietários, estavam inicialmente classificadas com sendo de montado de sobre (Coruche, Portel, Grândola). Num caso (Aljezur), o povoamento ardeu no Verão de 2003 pelo que na altura da realização das medições de campo (Setembro) apenas 14 das parcelas inicialmente marcadas e amostradas ara efeito de caracterização da cortiça puderam ser medidas. Assim, o número de parcelas realmente medido foi de:

- Coruche: 32 parcelas marcadas, 23 medidas
- Mora: 33 parcelas marcadas, 31 medidas
- Alcácer: 31 parcelas marcadas, 30 medidas
- Aljezur: 30 parcelas marcadas, 14 medidas
- Portel: 33 parcelas marcadas, 27 medidas
- Grândola: 30 parcelas marcadas, 19 medidas

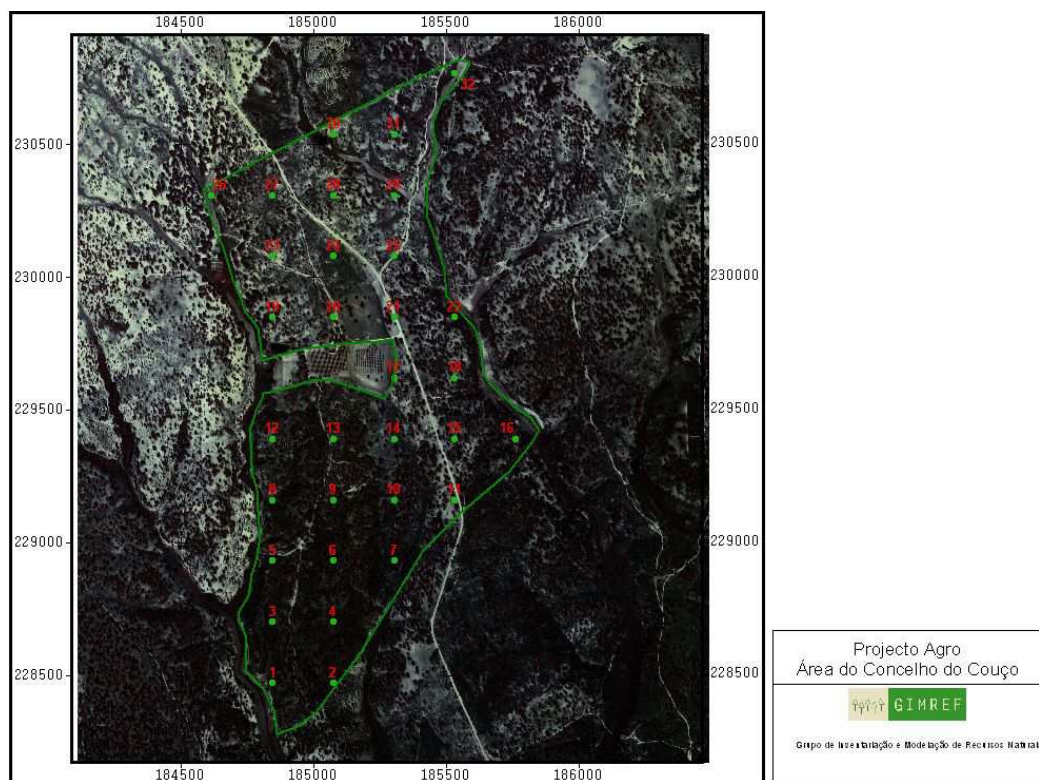


Figura 2. Amostragem da herdade de Coruche

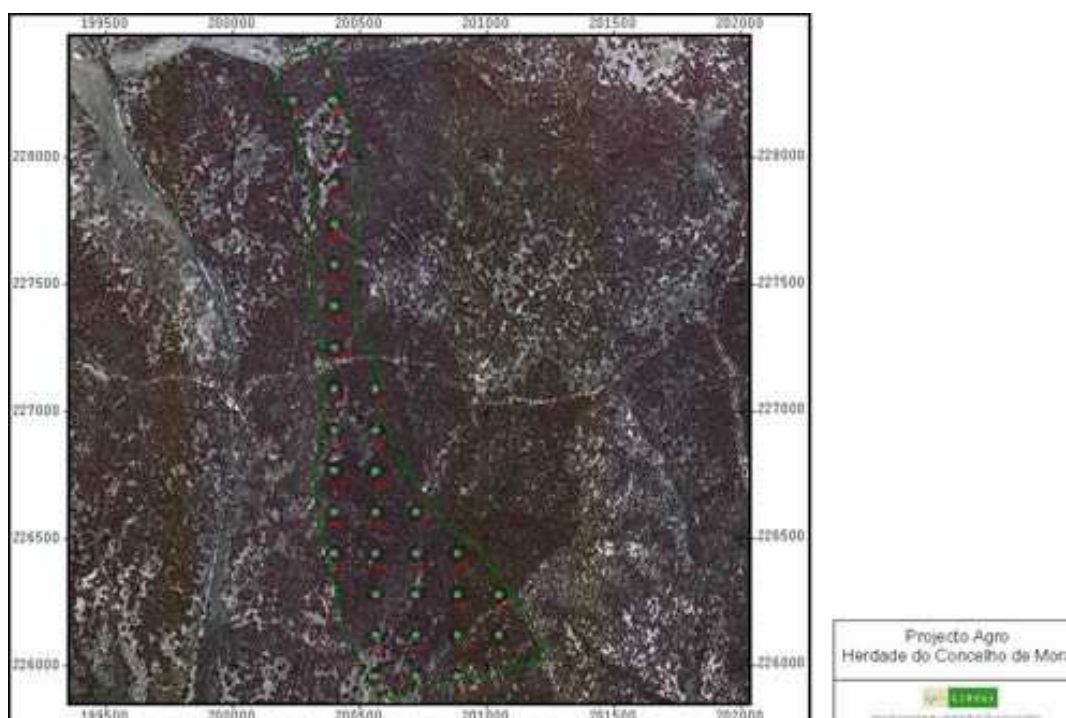


Figura 3. Amostragem da herdade de Mora

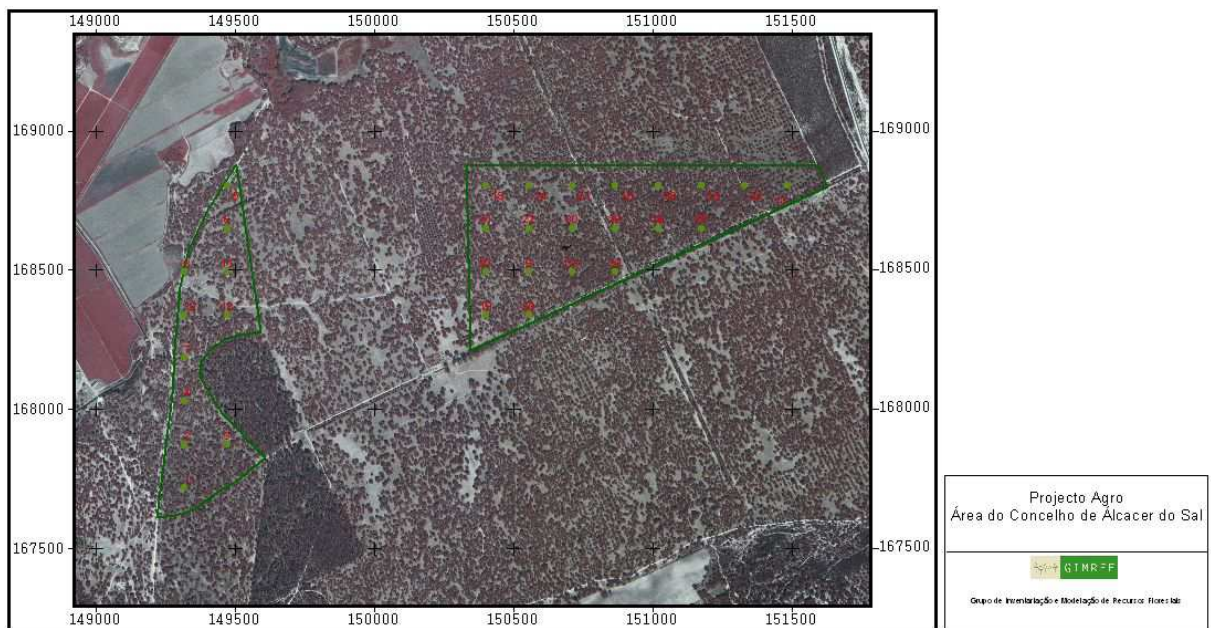


Figura 4. Amostragem da herdade de Alcácer do Sal

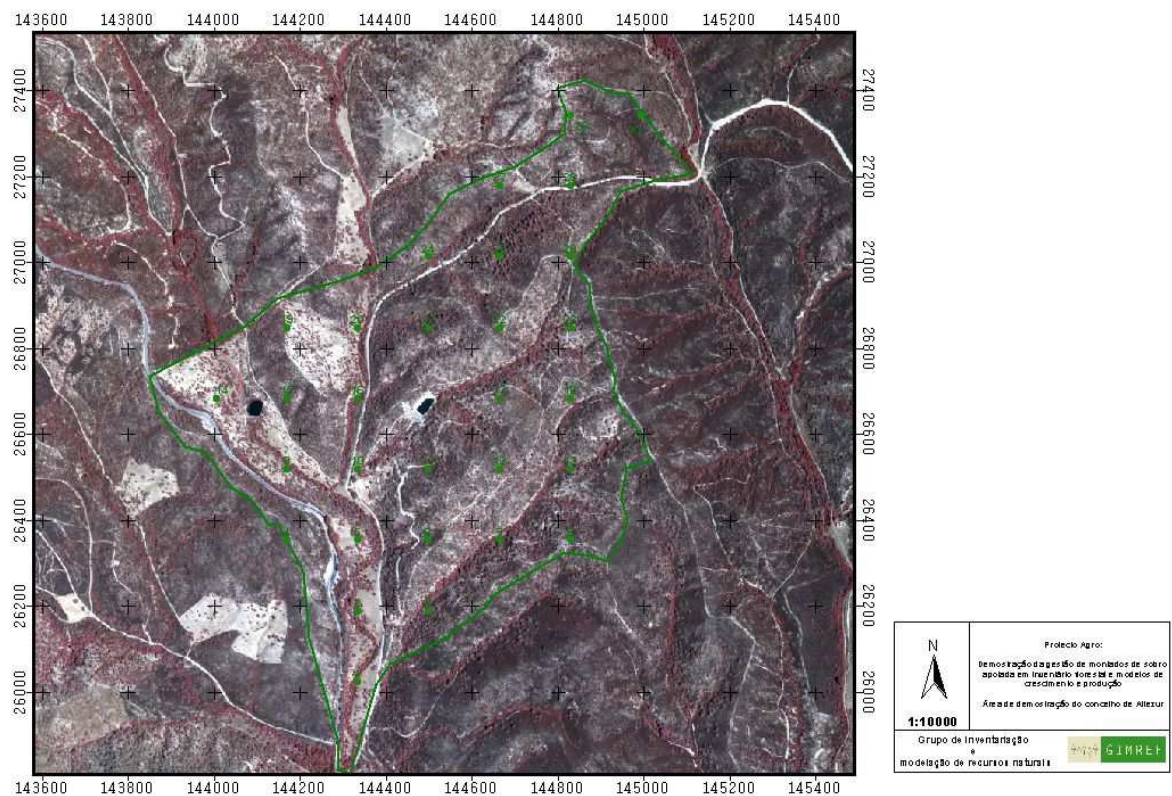


Figura 5. Amostragem da herdade de Aljezur

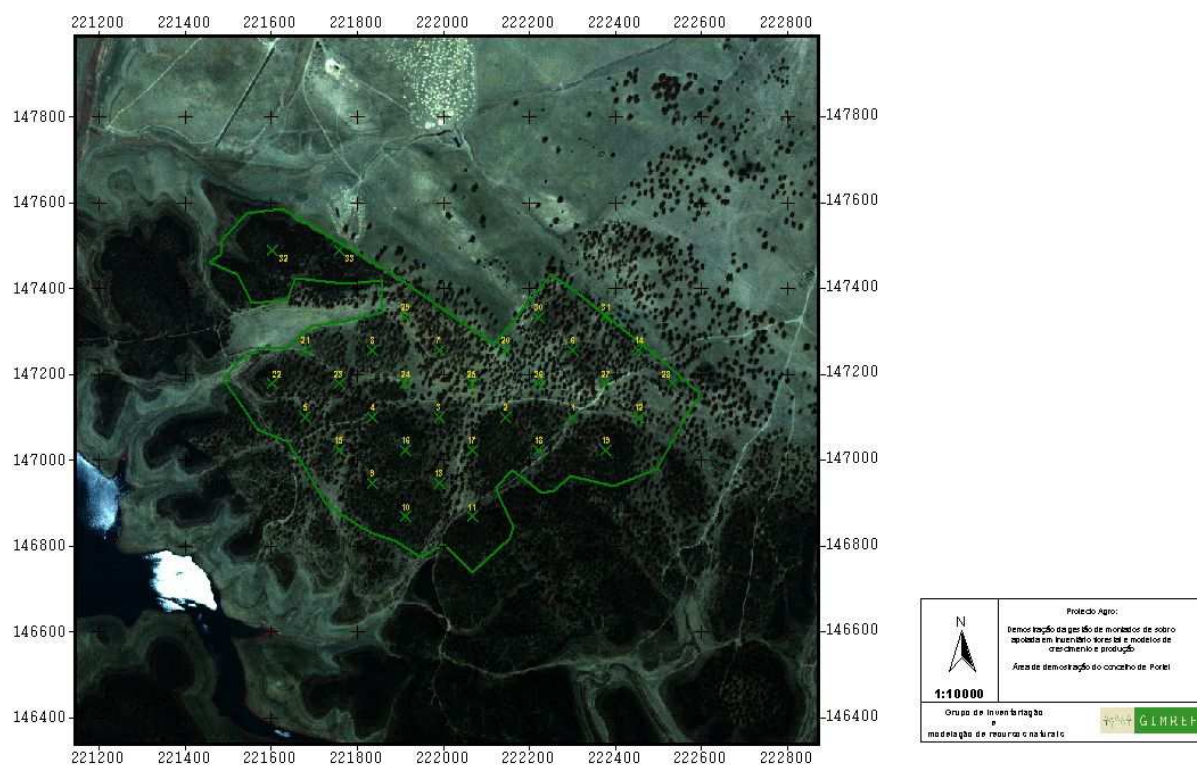


Figura 6. Amostragem da herdade de Portel

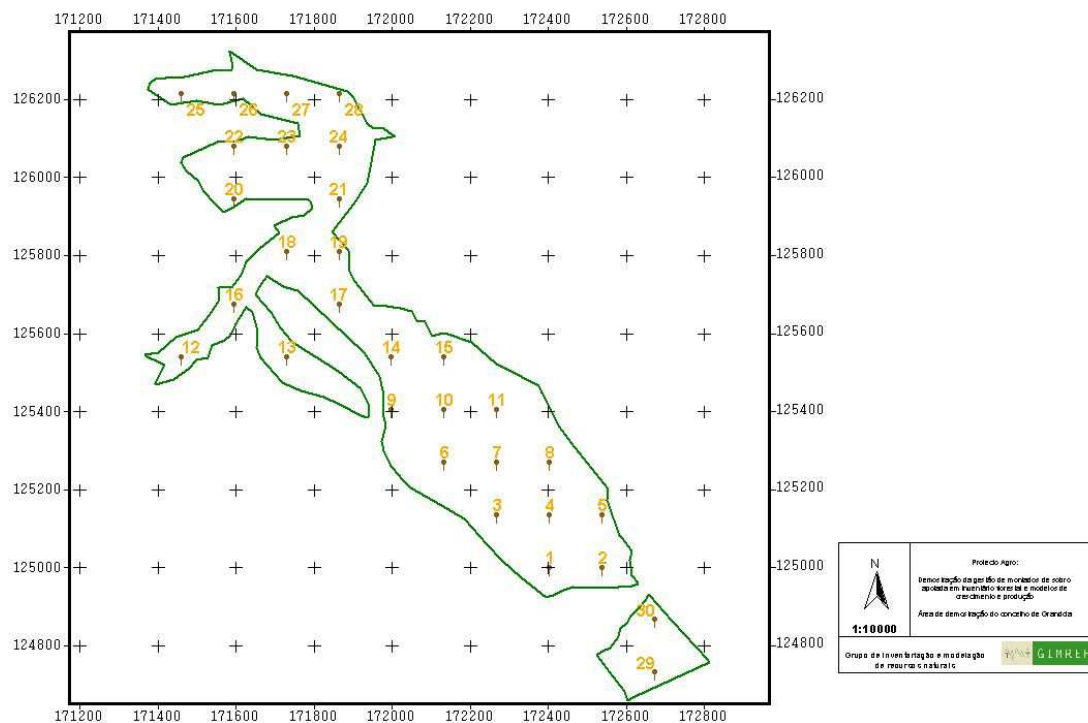


Figura 7. Amostragem da herdade de Grândola

2.2 Protocolo de campo para a realização da amostragem

Com o objectivo de caracterizar cada povoamento, calculando as variáveis do povoamento pertinentes, assim como a distribuição de diâmetros, foi instalada e medida em cada ponto da amostragem uma parcela circular de 30 m de raio, à qual corresponde uma área de 2827.4 m². Nas 20 árvores mais próximas do centro de cada parcela foi retirada uma amostra de cortiça, a chamada “cala”, a qual foi utilizada para caracterização da qualidade da cortiça. Em todas as árvores da parcela de 30 m de raio foram medidas todas as variáveis dendrométricas usualmente medidas em sobreiros, assim como registada a respectiva distância ao centro e azimuth (coordenada da árvore). Esta última informação permitiu-nos, posteriormente, fazer os cálculos correspondentes aos diferentes tipos de amostragem que se pretendia testar

Sendo o número de parcelas razoável e a área de cada uma bastante grande, as avaliações das variáveis realizadas com as parcelas de 30 m de raio foram tomadas como termo de comparação em relação aos outros métodos/dimensões de parcela estudados.

As medições decorreram de acordo com um protocolo de campo, no qual se encontram descritas detalhadamente todas as operações realizadas (Anexo 2).

2.3 Realização do trabalho de campo

Os dados recolhidos no campo decorreram em duas fases. Numa primeira fase, realizou-se a instalação e delimitação das parcelas e procedeu-se à extracção das calas, nas árvores a descorticar em 2003 (herdades 4 a 5). Na segunda fase, após o período de descortçamento, realizou-se o inventário florestal das parcelas de amostragem. Os procedimentos e regras de medição encontram-se descritos no protocolo de campo já referido (Anexo 2).

No primeiro ano do projecto foram medidas, em cada parcela, todas as variáveis indicadas no protocolo de campo e que incluem a medição inclusive de variáveis da copa (altura da base de copa, raios da copa). No segundo ano do projecto, face às restrições orçamentais impostas pela impossibilidade da FPFP em executar o orçamento que lhe havia sido atribuído, e tendo em atenção os resultados obtidos no tratamento dos dados recolhidos no primeiro ano, optou-se por concentrar as medições naquelas variáveis essenciais para cumprir os objectivos do projecto: diâmetro à altura do peito, espessura da cortiça, número total de pernadas, número de pernadas descortçadas e coordenadas das árvores.

O protocolo de campo previa a medição do tempo total de trabalho associado com a medição de cada parcela. Contudo, durante a fase de tratamento dos dados, verificou-se da

não adequação deste dado para estimar os tempos de trabalho associados à medição de menos variáveis, tal como é recomendado para um inventário florestal para efeitos de gestão. Assim, na fase final do projecto procedeu-se à medição dos seguintes tempos de trabalho:

1. Deslocação entre parcelas
2. Medição das variáveis mínimas: diâmetro à altura do peito, espessura da cortiça e contagem do número total de pernadas e do número de pernadas descortiçadas
3. Medição das variáveis listadas em 2. mais a altura do fuste e a altura de descortiçamento vertical

Os tempos de trabalho médios obtidos foram utilizados na avaliação dos três métodos de amostragem testados.

Tarefa 3. Base de dados SUBER-DATA

O carregamento de todos os dados disponíveis (provenientes deste ou de outros projectos) na base de dados SUBER-DATA, com verificação e validação de algumas incongruências e/ou incoerências presentes, mostrou-se bastante mais demorado do que inicialmente previsto. Em projectos cujo objectivo é o desenvolvimento de modelos, como é o caso deste, há sempre uma tendência para minimizar a importância desta tarefa, a qual é, no entanto, essencial. Um modelo não é mais do que uma síntese do conhecimento/informação disponível, pelo que a qualidade dos dados tem um impacto bastante importante na prestação do modelo a desenvolver.

Dado o grande volume de informação disponível optou-se por a organizar em várias bases de dados ACCESS, todas com a mesma estrutura. É ao conjunto destas bases de dados parciais que se deu o nome de SUBER-DATA. No Anexo 3 encontra-se a descrição detalhada da SUBER-DATA e na tabela 2 encontra-se uma lista de todos os locais e parcelas em relação aos quais existe informação.

Tabela 2. Lista das bases de dados que fazem parte da SUBERDATA

Código da base	Designação	N. de parcelas	Localização
SUBERDATA-001	Parcelas antigas	21	Todo o país
SUBERDATA-002	Ensaio de desbastes	19	Estremoz, Chamusca, Montargil
SUBERDATA-003	Coef. descortçamento	2	Chamusca, Coruche
SUBERDATA-004	PAMAF	36	Todo o país
SUBERDATA-005	Contenda	12	Moura
SUBERDATA-006	Cascavel	12	Coruche
SUBERDATA-007	Corkassess	101	Coruche, Estremoz, Alcácer do Sal
SUBERDATA-008	Parcelas novas	6	Estremoz
SUBERDATA-009	Juvenis	18	Moura, Serpa, Alcácer do Sal
SUBERDATA-010	Espirra	51	Vendas Novas
SUBERDATA-011	ACHAR	48	Chamusca
SUBERDATA-012	SUBER-DEMO	161	Coruche, Mora, Alcácer do Sal, Aljezur, Portel, Grândola
SUBERDATA-013	Chaminé	6	Mora
SUBERDATA-014	Parcelas grandes	48	Coruche, Palmela

Tarefa 4. Tratamento de dados

4.1 Tratamento dos dados da amostragem. Proposta de uma metodologia

Os dados obtidos a partir da medição das seis áreas de demonstração foram incluídos na base de dados SUBER-DATA, passando a constituir o grupo 12. Foi então definida uma consulta para o pré-tratamento dos dados para efeito da sua importação para o software SAS. Neste software foram elaborados programas para fazer a estimativa das seguintes variáveis:

- Número de árvores por hectare
- Área basal por hectare
- Peso de cortiça no ano 2002 ou 2003, consoante se tratasse de áreas de demonstração do 1º ou do 2º ano
- Distribuição de diâmetros

Foram realizadas estimativas com três métodos de amostragem:

- Amostragem por parcelas de raio fixo (PRF)
- Amostragem de um número fixo de árvores (NFA)
- Amostragem pelo método de Bitterlich (AMB)

O conhecimento das coordenadas de cada árvore permitiu também simular amostragens de cada um dos tipos referidos com unidades de amostragem de diferente dimensão:

- Diferentes raios (30, 25, 20, 15 e 10 m) na PRF
- Diferentes números de árvores por ponto de amostragem (20, 15, 10 e 5) na NFA
- Diferentes factores de área basal (1 e 2) na AMB

4.1.1 Cálculos ao nível da árvore

Para calcular a área basal de cada árvore foi usada a seguinte equação:

$$g_i = (\pi(du_i)^2)/40000 ,$$

onde:

g_i - área basal da árvore i (m^2)

du_i - diâmetro sem cortiça (cm)

Nos casos em que o diâmetro foi medido sobre cortiça (pelo facto da árvore não estar descortiçada), estimou-se o diâmetro sem cortiça com a seguinte equação:

$$du = d - 2ct ,$$

onde:

du – diâmetro sem cortiça (cm)

d – diâmetro com cortiça (cm)

ct - espessura da cortiça (cm)

É de referir que nos casos em que não houve medição da espessura, pelo facto do diâmetro ser inferior a 70 cm (árvores com cortiça virgem) utilizou-se a seguinte expressão (Paulo e Tomé, 2004):

$$du = -1.5276 + 0.8321d ,$$

onde:

du – diâmetro sem cortiça (cm)

d – diâmetro com cortiça (cm)

Para determinar a produção de cortiça (wc) teve-se como base a equação de Ribeiro e Tomé (2000b) para estimar a produção de cortiça da árvore:

$$\ln(wc_i) = 2.8423 + 1.5558 \ln(pu) + 0.4013 \ln(np_i) ,$$

onde:

wc_i - peso de cortiça da árvore i (@)

pu- perímetro sem cortiça (m)

np_i– número de pernadas descortiçadas

O perímetro sem cortiça é calculado através de:

$$pu = du \pi / 100 ,$$

onde:

du – diâmetro sem cortiça (cm)

pu - perímetro sem cortiça (m)

4.1.2 Cálculos ao nível da parcela ou ponto de amostragem

4.1.2.1 Inventário com parcelas de raio fixo

Parcelas de 30 m de raio

A área basal é uma das variáveis do povoamento mais utilizadas na avaliação da densidade do povoamento. Está bastante correlacionada com o volume e a biomassa dos povoamentos e é, portanto, uma boa medida da densidade do povoamento, sendo um bom indicador da necessidade de desbaste. Para se calcular a área basal por hectare de cada parcela procedeu-se ao somatório das áreas basais (g) das árvores da parcela e reportou-se o valor obtido ao hectare:

$$G = \sum_{i=1}^k g_i (10000/A_p),$$

onde:

G - área basal por hectare ($m^2 ha^{-1}$)

g_i - área basal da árvore i (m^2)

A_p - área da parcela (m^2)

k - número de árvores na parcela

A área da parcela é calculada através de:

$$A_p = \pi R^2,$$

onde:

A_p - área da parcela (m^2)

R - raio da parcela (m)

Tal como para a área basal, para se calcular o peso de cortiça por hectare de cada parcela, soma-se o peso de cortiça (w_c) das árvores da parcela e reporta-se o valor obtido ao hectare:

$$W_c = \sum_{i=1}^k \frac{1}{15} w_{ci} (10000/A_p),$$

onde:

W_c - produção de cortiça por hectare (@ ha^{-1})

w_{ci} - peso de cortiça da árvore i (kg)

Ap - área da parcela (m²)

k - número de árvores na parcela

Para o cálculo do número de árvores por hectare (N) para uma parcela de 30 m de raio, contou-se o número de árvores por parcela (Npar) e reportou-se ao hectare utilizando a seguinte expressão:

$$N = k(10000/Ap),$$

onde:

N - número de árvores por hectare

k- número de árvores da parcela

Ap - área da parcela (m²)

A distribuição de diâmetros de um povoamento corresponde a determinar a frequência das árvores de acordo com classes de diâmetro, i.e., é um indicador da estrutura do povoamento, dando informações preciosas sobre as técnicas de silvicultura a seguir para um determinado povoamento. Foram utilizados dois métodos para o seu cálculo num povoamento. Num dos métodos (método A), recorre-se ao cálculo das classes de diâmetro de cada herdade, considerando 21 classes, com 5 cm de amplitude (a primeira classe tem apenas 25 cm de amplitude, assume valores entre]0; 2,5]). São contadas as árvores que se encontram em cada uma das classes de diâmetro, para cada herdade, extrapolando-se posteriormente para o hectare usando o factor de expansão 10000/Ap (Ap é a área da parcela em m², factor pelo qual se tem de multiplicar a variável calculada numa parcela de área Ap para obter o correspondente valor por hectare). Usou-se a seguinte expressão:

$$Nc_i = (N'c_i 10000)/(np \text{ Ap}),$$

onde:

Nc_i - número de árvores por hectare para a classe de diâmetro c_i

N'c_i - número de árvores existente em cada classe de diâmetro

np - número total de parcelas para cada herdade

Ap - área da parcela (m²)

O outro método (método B) que se pode utilizar para calcular a distribuição de diâmetros, em vez do acima citado, consiste em efectuar o cálculo da distribuição de diâmetros por parcela e reduzir ao hectare. De seguida, efectua-se a média do número de árvores por

hectare em cada classe. Os dois métodos são equivalentes no caso das parcelas de raio fixo, mas fornecem resultados diferentes no método do número de árvores fixo. Assim, neste trabalho utilizaram-se os dois procedimentos, tendo-se concluído que produzem resultados semelhantes.

O cálculo destas variáveis é importante pois é imprescindível para a simulação como modelo SUBER. Para inicializar as árvores neste modelo é necessário fornecer os diâmetros de todas as árvores ou, alternativamente, o número de árvores por hectare e a distribuição de diâmetros.

Parcelas de 25, 20, 15 e 10 m de raio

Para se efectuarem os cálculos para estas parcelas utilizou-se a base de dados das parcelas de 30 m de raio e eliminaram-se todas as árvores localizadas a distâncias do centro superiores a 25, 20, 15 e 10 m. Procedeu-se, posteriormente, aos mesmos cálculos, mas com a diferença de que o raio passou a ser de 25, 20, 15, e 10 m. As árvores que se encontravam na bordadura contaram como 0.5.

4.1.2.2 Inventário com um número de árvores fixas por parcela

Este método considera a medição para 5, 10, 15 e 20 árvores fixas, onde se toma como raio o valor da árvore mais longe (última) do centro da parcela.

Para se obter as diferentes árvores de cada parcela, foram utilizados os dados das parcelas de 30 m de raio. Ordenaram-se por ordem crescente os valores da distância medida de cada árvore ao centro da parcela e posteriormente contaram-se 5, 10, 15 e 20 árvores, por ordem crescente, eliminando-se todas as árvores abaixo da última árvore contada, por cada parcela.

Já com as parcelas definidas, calcularam-se as mesmas variáveis que foram calculadas para as parcelas de raio fixo. Contudo, para o cálculo das classes de diâmetros, o método A usado para parcelas de raio fixo apresenta algumas diferenças, pelo facto das parcelas não terem todas a mesma área. Então usa-se a equação seguinte:

$$N_c = (N'c \cdot 10000) / \sum_{j=1}^n A_{p_j} ,$$

onde:

N_c - número de árvores por hectare para a classe de diâmetro

$N'c$ - número de árvores existente em cada classe de diâmetro

n - número de parcelas

A_{pj} - área da parcela j para cada herdade (m^2)

4.1.2.3 Inventário com o método de Bitterlich

O método de Bitterlich

A ideia central de Bitterlich resume-se na ideia de exprimir a quantidade adimensional área basal por hectare com recurso a outra grandeza adimensional. A noção do ângulo de visão ou ângulo crítico, ou seja, do ângulo que circunscreve uma secção ao nível do dap, foi determinante pois é a base do método da numeração angular: a contagem, a partir de um ponto, das árvores cuja secção ultrapassa um certo ângulo crítico, vai conduzir a uma estimativa não enviesada da área basal por hectare. Em termos resumidos temos que a área basal por unidade de superfície do povoamento é avaliada com base na contagem do número de árvores que satisfazem determinada condição definida por um ângulo α . Vejamos então como Bitterlich provou o princípio da contagem de ângulos. Quando uma árvore com diâmetro d_i , à distância $dist$ do operador, é comparada com uma barra de referência de largura l , colocada a uma distância r do operador, são possíveis as seguintes situações:

- A. O diâmetro da árvore é aparentemente superior à largura da barra
- B. O diâmetro da árvore é aparentemente igual à largura da barra
- C. O diâmetro da árvore é aparentemente inferior à largura da barra

Estas situações estão representadas esquematicamente na figura 8.

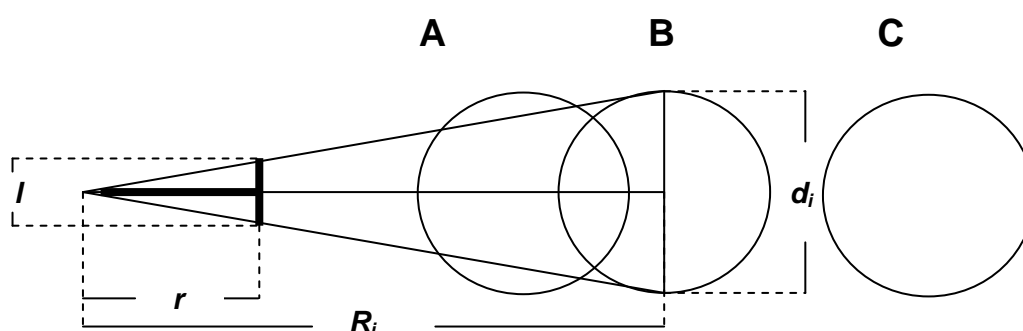


Figura 8. Princípio da contagem de ângulos segundo Bitterlich

Sejam:

d_i - diâmetro da árvore i

R_i - distância radial limite para o diâmetro da árvore i , ou seja a distância para a qual o diâmetro da árvore é aparentemente igual à largura da barra de referência (situação B)

l - largura da barra de referência

r - distância do operador à barra de referência

Pode então calcular-se a distância radial limite para uma árvore com diâmetro d_i :

$$\frac{d_i}{R_i} = \frac{l}{r} \Rightarrow R_i = d_i \frac{r}{l}$$

Situação A: $dist < R_i = d_i \frac{r}{l} \rightarrow$ árvore contada

Situação B: $dist = R_i = d_i \frac{r}{l} \rightarrow$ árvore na posição limite

Situação C: $dist > R_i = d_i \frac{r}{l} \rightarrow$ árvore excluída (não contada)

A área basal por hectare que equivale a uma árvore de diâmetro d_i que é contada está relacionada com a área de um círculo com raio R_i :

$$g_i \text{ (m}^2\text{)} \quad \text{_____} \quad \pi R_i^2$$

$$g_i \text{ (m}^2\text{ha}^{-1}\text{)} \quad \text{_____} \quad 10000$$

$$g_i \text{ (m}^2\text{ha}^{-1}\text{)} = 10000 \frac{\frac{\pi d_i^2}{4}}{\pi R_i^2} = \frac{10000}{4} \frac{\pi d_i^2}{\pi \left(d_i \frac{r}{l}\right)^2} = 2500 \left(\frac{l}{r}\right)^2 = K \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$$

Conclui-se assim que a área basal por ha correspondente a uma árvore com diâmetro d_i não depende da sua dimensão. Para obter a área basal por hectare basta então contar as árvores que se encontram em situação de contagem, situação A na figura 3.1, e multiplicar este valor pelo valor K , designado por factor de área basal (K):

$$G = \sum_{i=1}^n g_i \text{ (m}^2\text{ha}^{-1}\text{)} = \sum_{i=1}^n K = Kn \text{ (m}^2\text{ha}^{-1}\text{)} \quad \text{com} \quad K = 2500 \left(\frac{l}{r}\right)^2$$

As árvores na posição limite devem ser contadas como 0.5 ou, se se pretender uma avaliação mais precisa, realizam-se as medições necessárias para decidir se a árvore é ou não contada. Neste último caso há que medir a distância na horizontal entre o operador e a árvore (*dist*) e o diâmetro da árvore à altura do peito (*d*). A árvore será contada se se verificar a condição A:

$$dist < R_i = d_i \frac{r}{l}$$

Como

$$K = 2500 \left(\frac{l}{r} \right)^2$$

vem que

$$dist < d_i \sqrt{\frac{2500}{k}}$$

Foi esta a regra utilizada para seleccionar as árvores que seriam “contadas” em cada ponto pela aplicação do método de Bitterlich. Supôs-se que o método seria aplicado com o relascópio de Bitterlich, pelo que os factores de área basal disponíveis são os que constam da tabela 3.

Tabela 3. Factores de área basal para as diferentes combinações de bandas do relascópio de espelhos de Bitterlich

Combinação de bandas ¹	Factor de área basal
1e	1/16
2e	1/4
3e	9/16
1	1
1 + 1e	1+9/16
2	2
1 + 2e	2+1/4
1 + 3e	3+1/16
1+ 4e	4

¹ 1 refere-se à banda dos 1, 2 à banda dos 2, e X a bandas estreitas

A fórmula utilizada para o cálculo da área basal pelo método de Bitterlich foi portanto:

$$G = K n ,$$

onde:

G – área basal ($\text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$)

n – número de árvores “contadas”

K - o factor de área basal

Seleção de um factor de área basal

Para controlar o número de árvores que em média são contadas de um determinado ponto estação, escolhe-se o factor de área basal (K) ou, de um modo equivalente, o ângulo de contagem (α). A seleção de um factor de área basal equivale à seleção de uma dimensão de uma parcela tradicional. Com o aumento do ângulo de contagem, e consequentemente do factor de área basal, o número de árvores contadas diminui. Então, para grandes valores de K, temos menos árvores escondidas, menos árvores em posição limite, menos confusão na contagem, logo menos erros na contagem. Por isso, na amostragem pontual, utilizam-se com frequência pontos satélites, por exemplo, um satélite de 4 pontos, com $K=4$, em vez de um ponto simples com $K=1$. No entanto, há que garantir que com o factor de área basal escolhido se conta um número suficiente de árvores.

Para povoamentos de idade média ou adulta, Bitterlich aconselha $K=4$, o que equivale, na maior parte das densidades, a contar 5-15 árvores em cada ponto de estação. Este número, de 5-20 árvores contadas em cada ponto de estação parece ser razoável. A contagem de menos de 5 árvores implica uma baixa precisão, correspondente a uma parcela de amostragem demasiado pequena, enquanto que um número de árvores contadas superior a 20 dará origem a um maior número de erros de contagem devido a árvores que se “escondem” por detrás de árvores mais próximas.

Número de árvores por ha e distribuição de diâmetros

Admitamos que as árvores de um povoamento têm todas a mesma dimensão g_i . Então o número de árvores por ha da mesma dimensão pode obter-se a partir de

$$N_i = \frac{G_i}{g_i} = \frac{Kn_i}{g_i}$$

onde n_i é o número de árvores contadas com diâmetro d_i . Pode então concluir-se que uma árvore de diâmetro d_i e área basal g_i equivale a

$$\frac{K}{g_i} \text{ árvores por ha.}$$

Um outro processo de obter o mesmo resultado será a partir da distância radial limite R_i . Se uma árvore existe num círculo com raio igual a R_i , então

$$1 \text{ árvore} \longrightarrow \pi d_i^2 \left(\frac{r}{l} \right)^2$$

$$N_i \longrightarrow 10000$$

ou seja

$$N_i = \frac{10000}{\pi d_i^2 \left(\frac{r}{l} \right)^2} = \frac{1000}{4g_i \left(\frac{r}{l} \right)^2} = \frac{K}{g_i}$$

Pode assim obter-se a avaliação do número de árvores por ha com base num ponto de estação:

$$N = \sum_{i=1}^n N_i = K \sum_{i=1}^n \frac{1}{g_i}$$

A fórmula utilizada para calcular o número de árvores por ha foi portanto:

$$N = K \sum_{i=1}^n \frac{1}{g_i}$$

onde:

N - número de árvores por ha

n - número de árvores contadas no giro

K - factor de área basal

g_i - área seccional da árvore i

Se quisermos obter a distribuição de diâmetros, podemos avaliar o número de árvores por ha na classe de diâmetro d_c , como:

$$N_{d_c} = \sum_{i=1}^{n_c} N_i = K \sum_{i=1}^{n_c} \frac{1}{g_i} \approx K \sum_{i=1}^{n_c} \frac{1}{g_c} = K \frac{n_c}{g_c},$$

vindo então a seguinte expressão:

$$N_{dc} = K \sum_{i=1}^{n_c} \frac{1}{g_c},$$

onde:

N_{dc} - número de árvores por ha da classe de diâmetro d_c

n_c - número de árvores da classe de diâmetro d_c contadas no giro

g_c - valor central da classe de diâmetro d_c

K - factor de área basal

Peso de cortiça

Já vimos que o número de árvores por ha correspondente à árvore i é avaliado como

$$N_i = \frac{K}{g_i} \Rightarrow N_i = \frac{1}{p_i}$$

A estimativa do valor por ha de qualquer variável do povoamento pode então ser feita pela respectiva medição em cada árvore i contada no giro de horizonte com posterior multiplicação por N_i , para a generalização ao ha.

$$Wc = \sum_{i=1}^n N_i w_i = \sum_{i=1}^n \frac{K}{g_i} w_i = K \sum_{i=1}^n \frac{w_i}{g_i}$$

Vem então a seguinte fórmula para o cálculo do peso de cortiça:

$$Wc = K \sum_{i=1}^n w_{ci} \frac{1}{g_i},$$

onde:

w_{ci} - valor estimado para wc na árvore i

4.1.3 Estimativas ao nível do povoamento

A partir dos valores obtidos nos cálculos acima mencionados, foi possível estimar para as variáveis N , G e W os parâmetros médios (N_{med} , G_{med} , W_{med}) e respectivos desvios-

padrão (Ndp, Gdp, Wdp), reduzidos ao hectare, para parcelas de raio fixo e para as estimativas obtidas pelo método de Bitterlich (Tabela 4), usando as fórmulas usuais da estatística. Para parcelas com um número de árvores fixo (Tabela 5), há que aplicar um factor de correcção para garantir o não enviesamento das estimativas (Paulo, submitted).

Tabela 4. Estimativas da média (med_r) e do desvio-padrão (dp_r) de N, G e W para parcelas de raio fixo

N	G	W
$Nmed_r = \sum_{i=1}^{kn} \frac{Ni}{n}$	$Gmed_r = \sum_{i=1}^n \frac{Gi}{n}$	$Wmed_r = \sum_{i=1}^n \frac{Wi}{n}$
$Ndp_r = \frac{(Ni - Nmed_r)^2}{(n-1)}$	$Gdp_r = \frac{(Gi - Gmed_r)^2}{(n-1)}$	$Wdp_r = \frac{(Wi - Wmed_r)^2}{(n-1)}$

Estas estimativas dos parâmetros foram calculadas por amostragem e, assim sendo, a estas estimativas está sempre inerente um erro de amostragem e o correspondente erro percentual (que exprime o erro de amostragem em percentagem do valor médio do parâmetro que se pretende avaliar).

Tabela 5. Estimativas da média e do desvio-padrão de N, G e W para um nº de árvores fixas por parcela

N	G	W
$Nmed_n = Nmed_r \frac{n-1}{n}$	$Gmed_n = Gmed_r \frac{n-1}{n}$	$Wmed_n = Wmed_r \frac{n-1}{n}$
$Ndp_n = Ndp_r \frac{n-1}{n}$	$Gdp_n = Gdp_r \frac{n-1}{n}$	$Wdp_n = Wdp_r \frac{n-1}{n}$

4.1.4 Erros de amostragem e dimensão da amostra

Esta análise consistiu na determinação da dimensão mínima das parcelas de amostragem e do número mínimo de árvores fixas por parcela de amostragem (dimensão mínima da amostragem) para um erro percentual das variáveis consideradas suficientemente baixo. O seu objectivo foi determinar o raio mínimo a considerar nessas parcelas e o número mínimo de árvores fixas por parcelas a amostrar, de modo a que o inventário realizado apresentasse

um erro percentual baixo, obtendo-se estimativas com alguma exactidão. No caso do método de Bitterlich pretendia-se determinar qual o factor de área basal óptimo.

Para determinar qual a dimensão mínima das parcelas de amostragem (em termos de raio da parcela) procedeu-se ao estudo, para as seis herdades em análise, da variação do erro de amostragem e correspondente erro percentual para as variáveis consideradas, simulando que o raio das parcelas seria de 30, 25, 20, 15 e 10 m. Para determinar o número fixo de árvores por parcela de amostragem os estudos foram os mesmos, simulando que o número fixo de árvores seria de 5, 10, 15 e 20 árvores. Para o método de Bitterlich testaram-se os factores de área basal iguais a 1, 2 e 4.

Assim, para cada dimensão de parcela, e após se ter calculado os valores de número de N, G, W e respectivas médias e desvios-padrão, determinou-se o valor de $t_{\alpha/2}$, o erro de amostragem e o erro percentual de cada variável.

Posteriormente procedeu-se ao cálculo da grandeza da amostra (n_E) considerando os erros percentuais de 5, 10, 15, 20, 25 e 30%.

Quando os valores da dimensão da amostra (n_E) calculados foram inferiores a 30, utilizaram-se expressões para o cálculo do erro de amostragem e da grandeza da amostra específicas para pequenas amostras ($n_E < 30$), nas quais se considera a estatística $t_{\alpha/2}$ com ($n_E - 1$) graus de liberdade (t-student):

$$\text{Erro} = \frac{s}{\sqrt{n_E}} t_{\alpha/2} ,$$

$$, \text{Erro}^2 = \frac{s^2}{n_E} t_{\alpha/2}^2$$

$$n_E = \frac{s^2 t_{\alpha/2}^2}{\text{Erro}^2} ,$$

onde:

n_E – dimensão da amostra associada a um erro percentual igual a E

s^2 - variância empírica da amostra

$t_{\alpha/2}$ - estatística t-Student

α - nível de significância (0.05)

Sendo:

$$\text{Erro\%} = \frac{\text{Erro}}{\bar{X}} 100 \Leftrightarrow \text{Erro} = \frac{\text{Erro\%} \bar{X}}{100},$$

onde:

\bar{X} - média da amostra

Salienta-se ainda que o cálculo de n_E teve que ser efectuado por um processo iterativo, visto que o valor de $t_{\alpha/2}$ depende da dimensão da amostra (n_E), devendo haver concordância entre os valores de $t_{\alpha/2}$ e n_E .

Nos casos em que os valores da dimensão da amostra (n_E) calculados foram superiores a 30, utilizaram-se outras expressões para o cálculo do erro de amostragem para amostras de grandes dimensões ($n_E > 30$), nas quais se considera a estatística $z_{\alpha/2}$ (normal reduzida):

$$\text{Erro} = \frac{s}{\sqrt{n_E}} z_{\alpha/2} \left(\frac{Np - n_E}{Np} \right),$$

$$\text{Erro}^2 = \frac{s^2}{n_E} z_{\alpha/2}^2 \left(\frac{Np - n_E}{Np} \right)^2,$$

$$n_E = \frac{s^2 z_{\alpha/2}^2}{\text{Erro}^2 + s^2 z_{\alpha/2}^2 / Np},$$

onde:

n_E – dimensão da amostra associada a um erro percentual igual a E

s^2 - variância empírica da amostra

α - nível de significância (0.05)

Np – dimensão da população

Sendo:

$$\text{Erro\%} = \frac{\text{Erro}}{\bar{X}} 100 \Leftrightarrow \text{Erro} = \frac{\text{Erro\%} \bar{X}}{100},$$

onde:

\bar{X} - média da amostra

Desta forma foi então possível proceder-se à construção de tabelas e gráficos que reunissem este tipo de informação, para se poder, posteriormente, tirar conclusões sobre estas matérias, nomeadamente o caso particular que corresponde em saber, para um determinado nível de erro percentual desejado (grau de exigência pretendido por parte do proprietário), quantas parcelas temos que medir e de que tipo para minimizar os custos associados mantendo, no entanto, um erro de amostragem aceitável.

Mais detalhes sobre estes cálculos podem ver-se nos vários Trabalhos de Fim de Curso que foram produzidos no âmbito deste projecto, nomeadamente os de Aires (2002), Pyrrait (2003) e Cunha (2004). Está também em preparação uma publicação que faça a síntese dos vários Trabalhos de Fim de Curso numa publicação única (Cunha e Tomé, 2005) de modo a que os possíveis utilizadores tenham um acesso mais fácil à informação.

As principais conclusões que se puderam tirar desta análise foram:

- O método das parcelas de raio fixo proporciona resultados mais homogêneos do que o método do número de árvores fixo
- Dum modo geral, o método de Bitterlich é o que conduz a erros de amostragem superiores
- O método de Bitterlich será de difícil aplicação na prática, uma vez que não foi possível encontrar um factor de área basal que se pudesse aplicar a todos os pontos de amostragem; o operador terá que decidir, em cada ponto, qual o factor de área basal que leva a um número de árvores “contadas” mais conveniente. Por outro lado, ao calcular a distância radial limite para todas as árvores da parcela, encontraram-se frequentemente valores superiores a 30 m, o que indica que a pesquisa de árvores teria que ser feita para além dessa distância se quiséssemos garantir a qualidade da estimativa

- Dentro de um mesmo método, obviamente, os menores erros de amostragem estão, com raras exceções, associados às unidades de amostragem de maiores dimensões

Na sequência dos resultados obtidos nesta fase com o método de Bitterlich, apenas os outros dois métodos foram utilizados nas análises seguintes.

4.1.5 Comparação das distribuições de diâmetros obtidas pelos diversos métodos

Ao longo do tratamento de dados obtidos por inventário, houve necessidade de comparar a partir de que dimensão a distribuição de diâmetros de parcelas com raio fixo (10, 15, 20 e 25 m) e número fixo de árvores (5, 10, 15, 20 e 30) é diferente da parcela com raio fixo de 30 m.

Adoptou-se para verificação deste comportamento o teste de χ^2 (Qui- quadrado) para testar a hipótese de que as distribuições de diâmetro não diferem de amostra para amostra. Este teste apresenta os seguintes pressupostos:

- a amostra de N observações é uma amostra aleatória (ou seja, cada observação tem a mesma probabilidade de fazer parte da amostra do que qualquer outra).
- As duas amostras em comparação são independentes (pressuposto que não é verdadeiro no nosso estudo).

As hipóteses deste teste são assim as seguintes:

- a) Hipótese nula (H_0) – As duas distribuições de diâmetros são iguais
- b) Hipótese alternativa (H_1) – As duas distribuições são diferentes

A estatística do teste é dada pela expressão:

$$T = \sum_{i=1}^{ncl} \frac{(Ob_i - Es_i)^2}{Es_i},$$

onde:

Ob_i – número de observações

Es_i – número esperado de observações (se H_0 for verdadeira)

ncl – número de classe de diâmetros

Quanto mais pequeno for o T, maior é a probabilidade das amostras terem a mesma distribuição. A regra de decisão consiste assim em rejeitar H_0 se $T > \chi^2_{(1-\alpha)}$ com $(ncl-1)$ graus de liberdade, em que ncl representa o número de classes de diâmetro.

Na tabela 6 resumem-se os resultados obtidos pela aplicação deste teste. Para a herdade de Coruche, Mora, Alcácer, Aljezur, Portel e Grândola usando parcelas com um raio de 25 m observa-se que existe respectivamente 99, 99, 94, 91, 99 e 98% de probabilidade de obter um χ^2 maior ou igual a 1,81; 0,95; 2,26, 3,35; 1,19 e 2,35. O que implica não rejeitar a hipótese nula, uma vez que comparando as distribuições destas parcelas com uma parcela de 30 m de raio apresentam um comportamento muito semelhante (pode admitir-se que as amostras vêm da mesma população). Também para um raio de 20 e 15 m, apesar de se encontrarem valores mais altos de χ^2 , a probabilidade de as amostras serem semelhantes é, embora menor, ainda não significativa, contudo para a herdade de Coruche e Aljezur já se rejeita H_0 . Para parcelas com 10 m de raio fixo apenas para Mora não se rejeita H_0 , pois para as outras herdades a probabilidade encontra-se abaixo dos 5%, o que leva a rejeitar a hipótese nula.

Para confirmar este estudo foram feitos gráficos onde se faz notar este comportamento, ou seja, para estas 6 herdades, parcelas com menos de 15 m de raio levam a uma distribuição de diâmetros diferente da estimada com as parcelas de 30 m de raio.

Analisando mais uma vez a tabela 6, verifica-se que de um modo geral para as seis herdades, aplicando o método do número de árvores fixas por parcela, em muitas das situações estudadas se rejeita a hipótese nula, uma vez que o χ^2 assume valores muito elevados. Assim sendo, a probabilidade das amostras terem a mesma distribuição diminui consoante a diminuição do número de árvores por parcela e em alguns casos é notório que as distribuições são mesmo diferentes (valores pintados na tabela 6). Estas conclusões foram também reafirmadas pelo estudo efectuado através da realização de gráficos.

É importante salientar que as distribuições de diâmetros estimadas com as unidades de amostragem mais pequenas se baseiam apenas em 30 unidades (ou menos, consoante a herdade) pelo que, sendo as unidades de pequena dimensão, são feitas com uma amostra relativamente pequena. Com se pode concluir da análise da relação entre erro de amostragem e dimensão da amostra, se se optar por unidades de amostragem

pequenas, a dimensão da amostra terá de ser superior, pelo que a estimação da distribuição de diâmetros será melhor.

Tabela 6. Valores da estatística T do teste do χ^2 para comparação da distribuição de diâmetros de uma parcela de raio fixo 30 m com diferentes raios fixos e com diferentes números fixos de árvores por parcela

		RAIO FIXO				NÚMERO ÁRVORES FIXAS			
HERDADE		25	20	15	10	20	15	10	5
1	χ^2	1,81	8,57	29,12	62,41	8,88	13,77	37,55	119,91
	$P>\chi^2$	0,99	0,38	0	0	0,35	0,09	0,00	0,00
2	χ^2	0,95	3,23	6,15	7,76	1,36	3,31	6,63	14,52
	$P>\chi^2$	0,99	0,78	0,41	0,26	0,93	0,65	0,25	0,01
3	χ^2	2,26	5,70	11,98	19,03	9,72	12,39	17,32	56,96
	$P>\chi^2$	0,94	0,58	0,10	0,01	0,21	0,09	0,02	0,00
4	χ^2	3,35	14,13	19,65	40,15	11,95	17,93	33,83	59,27
	$P>\chi^2$	0,91	0,08	0,01	0,00	0,10	0,01	0,00	0,00
5	χ^2	1,19	2,56	12,71	17,70	1,31	3,43	10,17	25,77
	$P>\chi^2$	0,99	0,92	0,08	0,01	0,99	0,84	0,18	0,00
6	χ^2	2,35	3,40	10,04	19,51	2,86	2,72	9,82	29,28
	$P>\chi^2$	0,98	0,95	0,35	0,02	0,97	0,97	0,37	0,00

Nota: os rectângulos pintados são os casos em que se rejeita a hipótese nula

4.1.6 Tempo de amostragem

O delineamento de uma amostragem implica a determinação do número de parcelas (n) de dimensão r ou k (dimensão determinada pelo raio ou pelo número de árvores por parcela) que podem ser implementados com o menor custo, ou seja, o menor tempo necessário para a amostragem no campo, para um determinado erro de amostragem.

Deste modo, há necessidade de avaliar os custos associados a cada método de amostragem proposto. O custo de amostragem tem três componentes importantes: o custo de deslocação entre as parcelas, o custo de deslocação entre as árvores e o

custo da execução das operações desenvolvidas num processo de inventariação corrente. No caso das parcelas de raio fixo há ainda que considerar o tempo de delimitar as parcelas. O custo total de amostragem será expresso no tempo necessário para a amostragem no campo, isto é, no tempo de deslocação entre parcelas, no tempo de delimitar a parcela (nas parcelas de raio fixo), no tempo de deslocação entre as árvores e no tempo de execução das operações.

Assim sendo, a amostragem considerada ótima é aquela que, para dada precisão, minimize o tempo de amostragem no campo e, conseqüentemente, o custo de amostragem.

O tempo total de amostragem depende da área do povoamento, do número de parcelas (o qual depende da homogeneidade do povoamento e do erro de amostragem pretendido), do número de árvores por parcela, da velocidade de deslocação e do tempo de execução das operações.

4.1.6.1 Tempos de trabalho elementares

Para obter a estimativa do tempo total da amostragem, assumiu-se uma velocidade de deslocação entre parcelas de 2 km h^{-1} , (confirmada por medição em campo).

Para a medição de diâmetros, da espessura da cortiça e para a contagem de pernadas (medições mínimas exigidas) o tempo considerado foi de 1.5 minutos por árvore, sendo de 0.5 minuto por árvore o tempo que se utilizou a mais se também se medirem a altura do fuste e a altura de descortiçamento vertical. Estes valores foram obtidos com base na medição de tempos de trabalho realizadas:

Para se estimar o valor necessário para realizar as medições mínimas numa árvore utilizou-se a seguinte expressão:

$$t_d = \sum_{i=1}^x \frac{\text{tempo.medição.cada.parcela}_i}{N_{\text{par}_i}} / x,$$

onde:

t_d – tempo necessário para realizar as medições mínimas numa árvore

X – número de parcelas onde se mediram tempos de trabalho

N_{par_i} – número de árvores na parcela i

Do mesmo modo estimou-se o tempo adicional necessário para realizar as medições numa árvore modelo:

$$t_{\text{mod}} = \left(\sum_{i=1}^x \frac{\text{tempo.medição.parcela.com.alturas}}{N_{\text{par}_i}} \right) / x - t_d$$

onde:

t_{mod} – tempo necessário para realizar as medições adicionais numa árvore modelo

X – número de parcelas onde se mediram tempos de trabalho

N_{par_i} – número de árvores na parcela i

No sentido de validar estas estimativas, utilizou-se para comparação, o número de dias que a equipa esteve no campo em cada uma das áreas de demonstração.

4.1.6.2 Tempo de deslocação entre parcelas

O tempo de deslocação entre parcelas pode ser estimado com um método semelhante ao proposto por Zeide (1980 cit in Almeida, 2003). Num povoamento de área A, assumindo que a área é aproximadamente quadrada e as parcelas estão colocadas de acordo com uma grelha quadrada, a distância média (dist) entre parcelas será dada por:

$$\text{dist} = \sqrt{10000A/n}$$

onde:

dist – distância média (m)

A – área do povoamento (ha)

n – número de parcelas

Considerando a velocidade de caminhada de $v \text{ km h}^{-1}$, o tempo necessário para a deslocação entre parcelas (t_{desloc1}) numa amostragem de n parcelas é igual a :

$$t_{\text{desloc1}} = n (\text{dist}/1000v) \Leftrightarrow n (1/10v) \sqrt{(A/n)} \Leftrightarrow (1/10v) \sqrt{An}$$

onde:

t_{desloc1} – tempo de deslocação entre parcelas (horas)

dist – distância média entre parcelas (m)

v - velocidade de caminhada de (km h^{-1})

A – área do povoamento (ha)

n – número de parcelas

4.1.6.3 Tempo de medição em parcelas de raio fixo

O tempo de execução das operações em n parcelas, virá:

$$t_{\text{medtotal}} = n \ t_{\text{delimit}} + n \ N_{\text{par}} \ t_{\text{desloc2}} + n \ N_{\text{par}} \ t_d + n \ N_{\text{par}} \ \% \text{mod} / 100 \ t_{\text{mod}},$$

onde:

t_{medtotal} – tempo total de medição

t_{delimit} – tempo de delimitar uma parcela

t_{desloc2} – tempo de deslocação entre árvores

t_d – tempo de medir as variáveis mínimas numa árvore

t_{mod} – tempo adicional para medir alturas nas árvores modelo

$\% \text{mod}$ – percentagem de árvores modelo

Vejamos agora os detalhes do cálculo de cada uma destas componentes:

- ✓ Tempo para a delimitação das parcelas com o Vertex a $v/2 \text{ km h}^{-1}$ (metade da velocidade de marcha)

$$t_{\text{delim}} = (2\pi R / 1000 v / 2) n$$

- ✓ Tempo de medição de árvores onde são medidos os diâmetros, espessura de cortiça e contadas as pernadas

$$t_{\text{dtotal}} = (t_d \ N_{\text{par}} / 60) \ n,$$

onde:

t_{dtotal} – tempo total de medição das variáveis mínimas (horas)

t_d – tempo de medição das variáveis mínimas numa árvore

N_{par} – nº árvores na parcela

n – número de parcelas

- ✓ Tempo para realizar medições das árvores modelos (medir alturas)

$$t_{\text{mod_total}} = \left(\frac{t_{\text{mod}} N_{\text{par}} \% \text{mod}/100}{60} \right) n$$

onde:

t_{mod} - tempo de medições adicionais para cada árvore modelo

N_{par} - nº árvores na parcela

$\% \text{mod}$ - percentagem de medições de árvores modelo

n – número de parcelas

Considerando a velocidade de caminhada de $v/2 \text{ km h}^{-1}$, o tempo necessário para a deslocação entre árvores (t_{desloc2}) numa amostragem de n parcelas é igual a :

$$t_{\text{desloc2}} = \left(\frac{R \sqrt{\pi N_{\text{par}}}}{1000v} \right) N_{\text{par}}$$

4.1.6.4 Tempo de medição no método do N fixo

Para se efectuar os cálculos dos tempos para N fixo utiliza-se o mesmo procedimento que se usou para realizar os cálculos para os tempos das parcelas de raio fixo, contudo para se realizar o cálculo do t_{desloc2} passa-se a utilizar a seguinte expressão:

$$t_{\text{desloc2}} = \left(\frac{R \sqrt{\pi N_{\text{par}}}}{1000v} \right) \text{ número árvores fixo)}$$

Neste método o tempo de delimitar a parcela não é contabilizado.

4.1.6.5 Tempo total de trabalho

O tempo total necessário para a amostragem será dado, para qualquer dos métodos por:

$$t_{\text{total}} = t_{\text{desloc1}} + t_{\text{delim}} + t_{\text{dtotal}} + t_{\text{mod_total}} + t_{\text{desloc2}}$$

onde:

t_{desloc1} – tempo de deslocação entre parcelas (horas)

t_{delim} - tempo para a delimitação das parcelas com o Vertex

t_{dtotal} – tempo de deslocação entre parcelas (horas)

$t_{\text{mod_total}}$ - tempo para realizar medições das árvores modelos (medir alturas)

t_{desloc2} - tempo necessário para a deslocação entre árvores

As figuras 9 a 14 mostram os tempos de trabalho estimados para diversos erros de amostragem (10, 15 e 20%) com o método das parcelas de raio fixo e com o método do número de árvores fixas para as três variáveis consideradas: N, G e Wc. A figura 15 ilustra os resultados obtidos, com os dois métodos, para os tempos de trabalho.

As tabelas 7, 8 e 9 resumem alguns dos dados mais importantes relativos ao estudo sobre os tempos de trabalho. Como se pode ver, os resultados obtidos mostram que não haverá grande vantagem em utilizar parcelas de amostragem com um raio superior a 15 m, uma vez que os melhores tempos são obtidos quase sempre para 10 ou 15 m. Quanto ao método do número de árvores fixo, os melhores tempos são obtidos frequentemente para números de árvores superiores a 10, o que, do ponto de vista prático, torna a aplicação do método bastante difícil. De modo geral, a estimação da área basal ou do peso de cortiça são mais exigentes no que respeita à dimensão da parcela que leva ao melhor tempo de trabalho.

No que diz respeito à opção entre um dos métodos, do ponto teórico não há uma superioridade nítida de nenhum dos métodos. Já do ponto de vista prático, será preferível utilizar o método das parcelas de raio fixo, uma vez que se tornaria muito difícil localizar, em campo, as 10 árvores mais próximas do ponto de amostragem.

Tabela 7. Tempos de trabalho estimados para a amostragem das várias áreas de demonstração com o método das parcelas de raio fixo, para um erro de 15% e para três valores de raio (a cinza o melhor tempo)

Herdade	Variáveis dendrométricas								
	N (ha ⁻¹)			G (m ² ha ⁻¹)			Wc (@ ha ⁻¹)		
	raio			raio			raio		
	10	15.	20.	10	15	20	10	15	20
Coruche	1.9	2.9	4.4	3.6	3.4	4.2	7.9	10.4	9.5
Mora	2.2	2.4	3.3	2.3	2.5	2.5	6.2	3.8	5.2
Alcácer	1.4	1.6	3.0	1.6	1.4	1.2	5.3	2.7	3.2
Aljezur	3.6	7.0	8.9	10.0	17.4	18.5	19.5	24.2	22.1
Portel	3.7	5.7	7.9	6.9	4.7	5.6	6.2	7.0	6.0
Grândola	2.8	3.4	5.5	4.3	3.0	4.3	3.1	7.0	4.2

onde N é o número de árvores por ha, G é a área basal e Wc é o peso de cortiça amadia extraída em 2002 ou 2003 (áreas amostradas respectivamente em 2002 ou 2003).

Tabela 8. Tempos de trabalho estimados para a amostragem das várias áreas de demonstração com o método do número de árvores fixo, para um erro de 15% e para três valores de número de árvores (a cinza o melhor tempo)

Herdade	Variáveis dendrométricas								
	N (ha ⁻¹)			G (m ² ha ⁻¹)			Wc (@ ha ⁻¹)		
	Número de árvores			Número de árvores			Número de árvores		
	5	10.	15.	5	10.	15.	5	10.	15.
Coruche	2.7	4.1	5.1	6.3	4.7	5.9	12.0	9.3	11.6
Mora	1.4	1.7	2.2	2.9	1.8	2.2	6.0	4.1	4.3
Alcácer	1.3	1.4	2.1	1.1	0.9	0.9	4.5	2.5	2.2
Aljezur	2.9	3.9	6.2	9.1	16.7	25.6	12.0	15.4	24.9
Portel	6.5	8.8	11.5	4.4	4.9	5.3	4.7	5.5	5.8
Grândola	5.2	4.6	5.0	7.7	6.0	5.2	6.8	5.7	5.4

onde N é o número de árvores por ha, G é a área basal e Wc é o peso de cortiça amadia extraída em 2002 ou 2003 (áreas amostradas respectivamente em 2002 ou 2003).

Tabela 9. Comparação dos melhores tempos de trabalho estimados para a amostragem das várias áreas de demonstração com os dois métodos (PRF e NAF), para um erro de 15% (a cinza |diferenças| superiores a 10%).

Herdade	Variáveis dendrométricas								
	N (ha ⁻¹)			G (m ² ha ⁻¹)			Wc (@ ha ⁻¹)		
	Método			Método			Método		
	PRF	NAF	diff%	PRF	NAF	diff%	PRF	NAF	diff%
Coruche	1.9	2.7	-8.70	3.4	4.7	-8.02	7.9	9.3	-4.07
Mora	2.2	1.4	11.11	2.3	2.2	1.11	3.8	4.1	-1.90
Alcácer	1.4	1.3	1.85	1.2	0.9	7.14	2.7	2.2	5.10
Aljezur	3.6	2.9	5.38	10.0	9.1	2.36	19.5	12.0	11.90
Portel	3.7	6.5	-13.73	4.7	4.4	1.65	6.0	4.7	6.07
Grândola	2.8	4.6	-12.16	3.0	5.2	-13.41	3.1	5.4	-13.53

onde N é o número de árvores por ha, G é a área basal e Wc é o peso de cortiça amadia extraída em 2002 ou 2003 (áreas amostradas respectivamente em 2002 ou 2003).

Ponderando os resultados obtidos, aconselha-se a utilização de parcelas com uma dimensão de 500 m² (raio=12.63 m) ou 1000 m² (raio=17.84 m). O número de parcelas a medir por folha, dependendo da respectiva variabilidade, pode ser obtido de acordo com a figura 15, a qual foi construída com base no número de árvores por ha. É óbvio que quando não haja sido feito nenhum inventário no povoamento que se pretende amostrar há que estimar, subjectivamente, onde é que ele se situa em termos de variabilidade.

Nos povoamentos mais homogéneos será possível obter um erro de amostragem da ordem dos 15% com um número “razoável” de parcelas, já nos povoamentos mais variáveis ter-se-á, muito provavelmente, de se obter um erro de amostragem um pouco superior. A figura 16 mostra os tempos de trabalho estimados com as dimensões das parcelas referidas. Como se pode ver, para um erro de amostragem de 15%, os tempos de trabalho vão desde 2 dias a 8 dias, o que parece bastante aceitável.

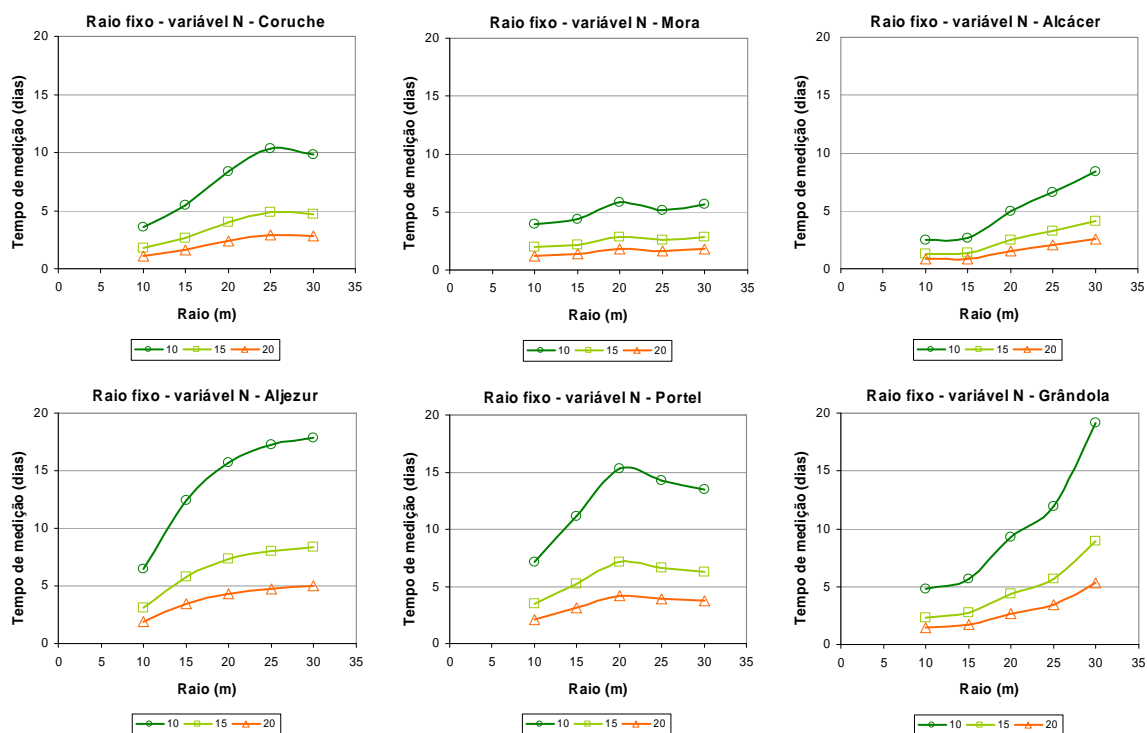


Figura 9. Tempos de trabalho estimados para o método das parcelas de raio fixo, considerando diferentes raios e diferentes erros de amostragem (N).

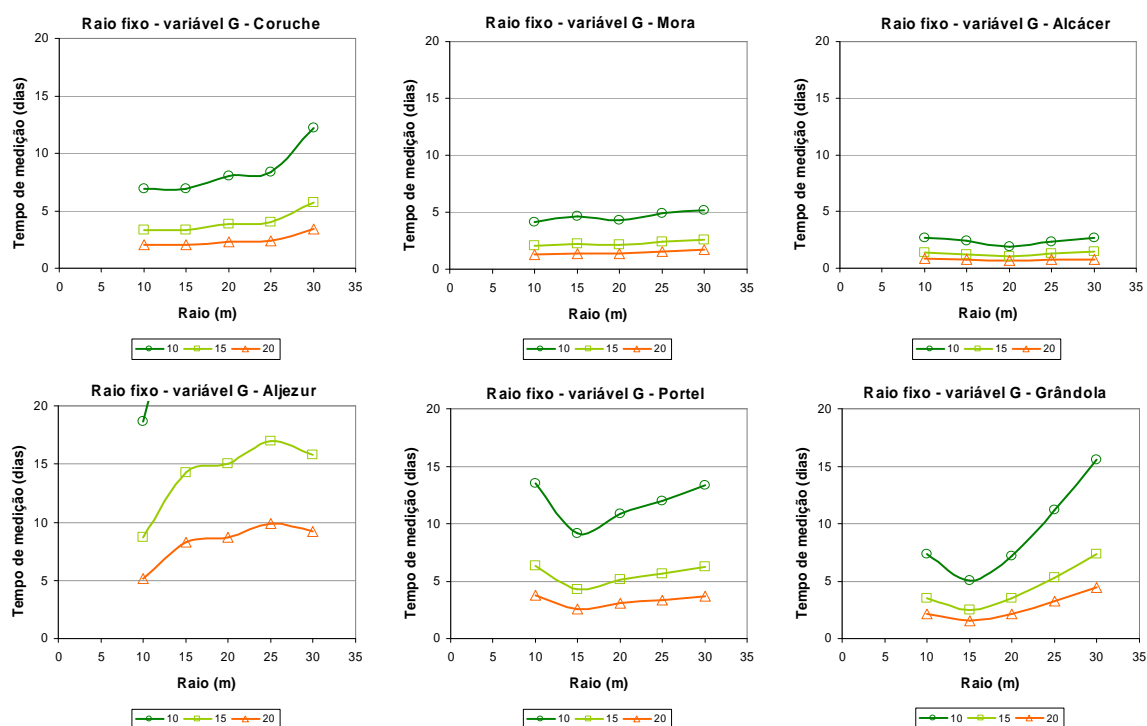


Figura 10. Tempos de trabalho estimados para o método das parcelas de raio fixo, considerando diferentes raios e diferentes erros de amostragem (G).

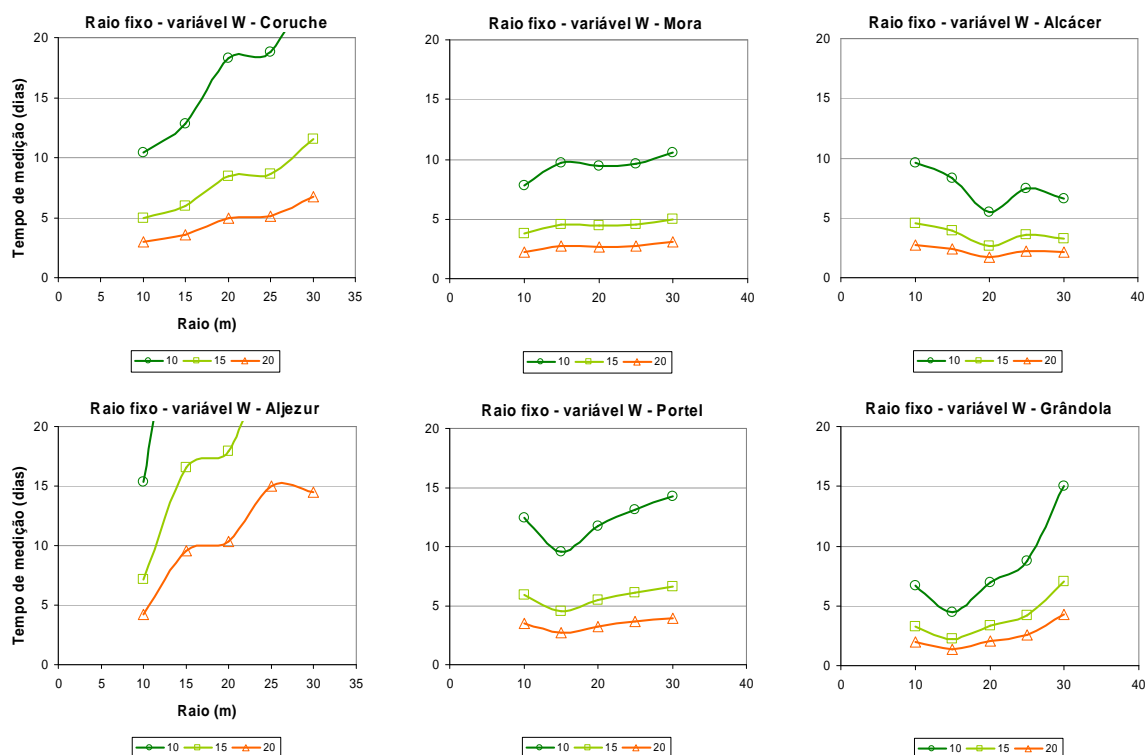


Figura 11. Tempos de trabalho estimados para o método das parcelas de raio fixo, considerando diferentes raios e diferentes erros de amostragem (W).

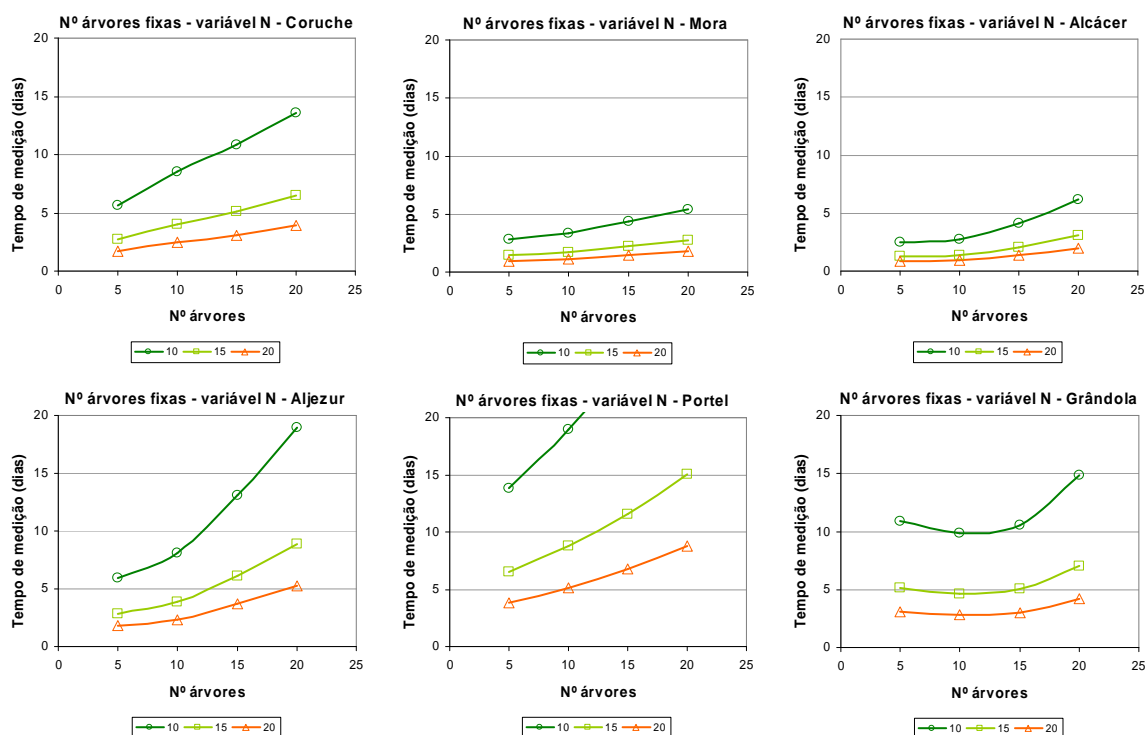


Figura 12. Tempos de trabalho estimados para o método do número de árvores fixo, considerando diferentes raios e diferentes erros de amostragem (N).

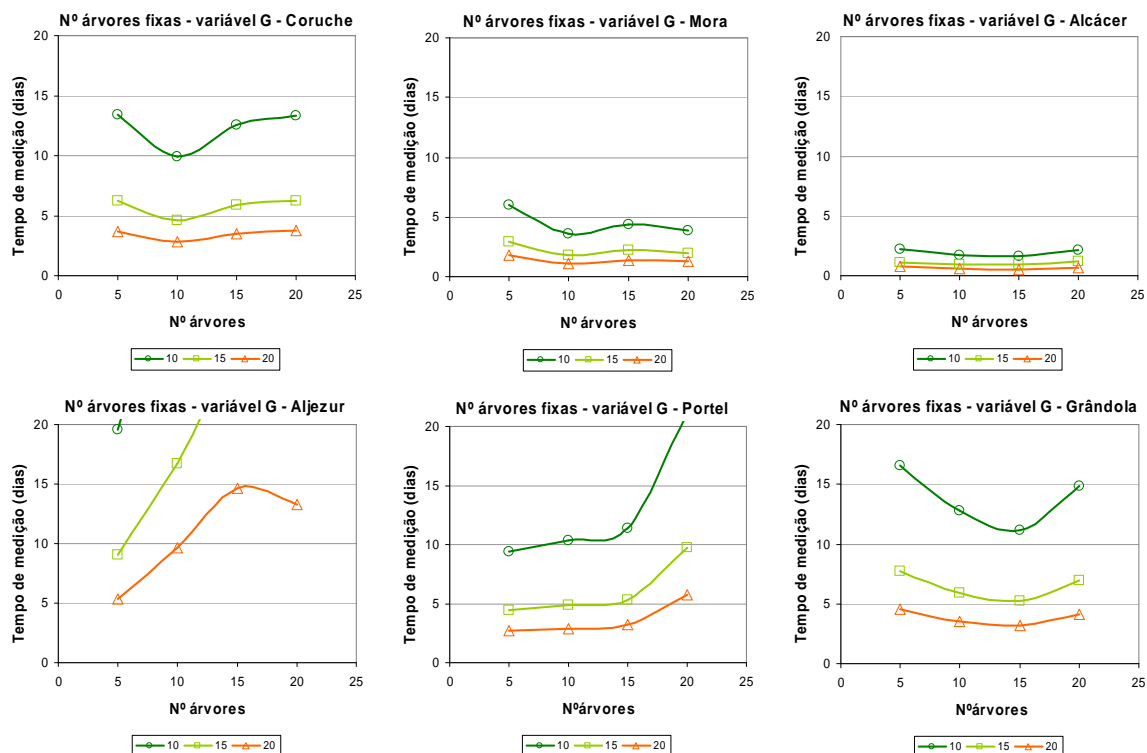


Figura 13. Tempos de trabalho estimados para o método do número de árvores fixo, considerando diferentes raios e diferentes erros de amostragem (G).

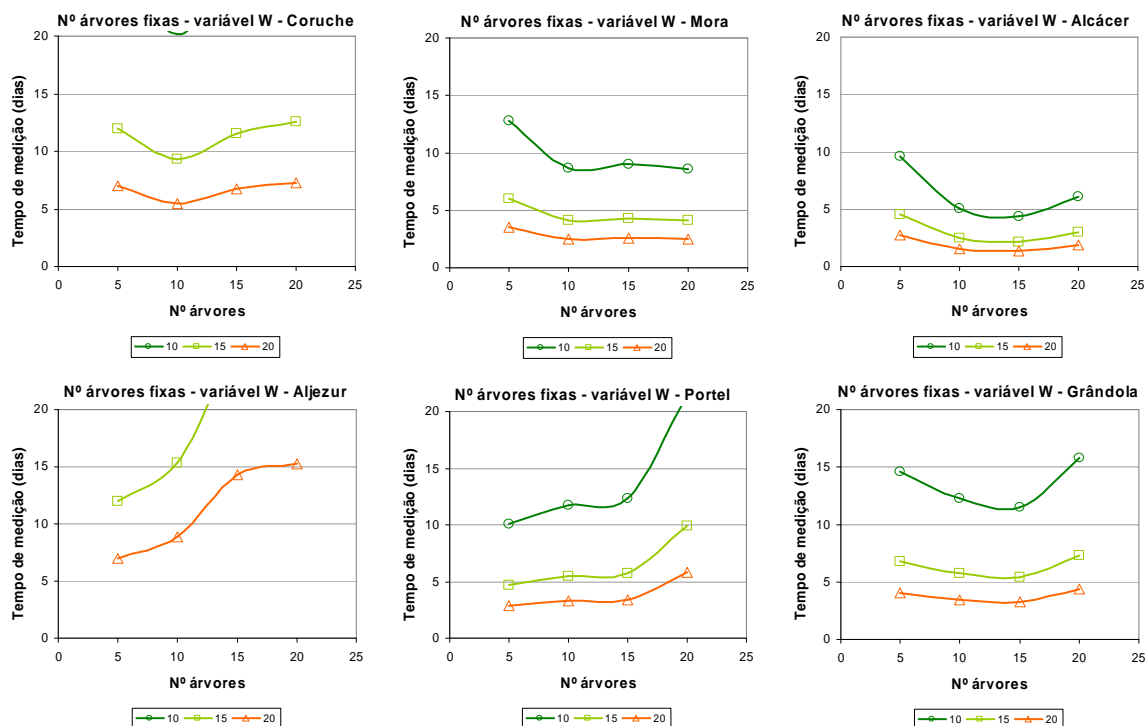


Figura 14. Tempos de trabalho estimados para o método do número de árvores fixo, considerando diferentes raios e diferentes erros de amostragem (W).

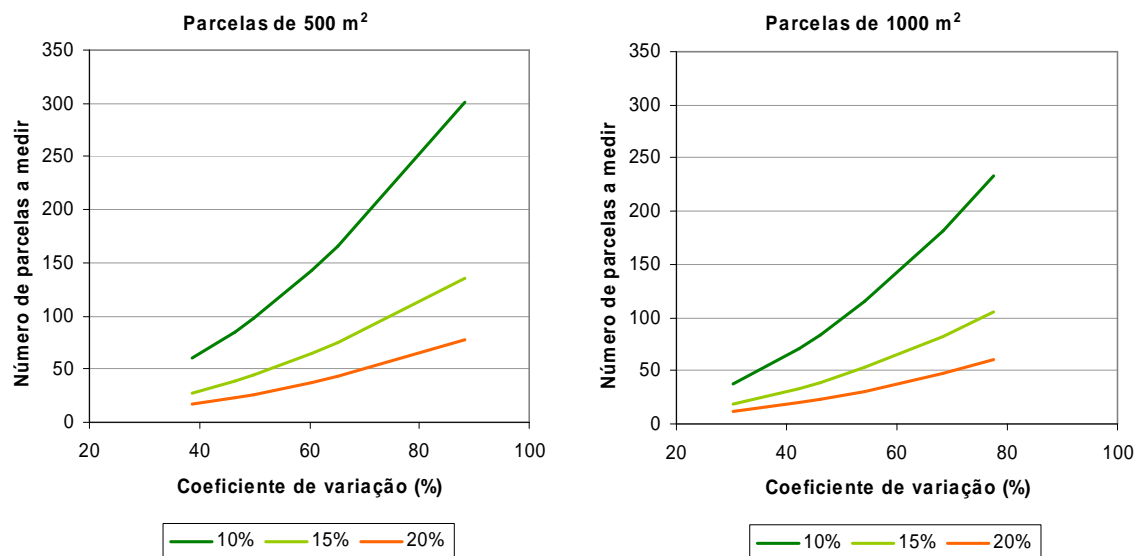


Figura 15. Número de parcelas de 500 e 1000 m² a medir para obter o erro de amostragem pretendido na avaliação do número de árvores por ha.

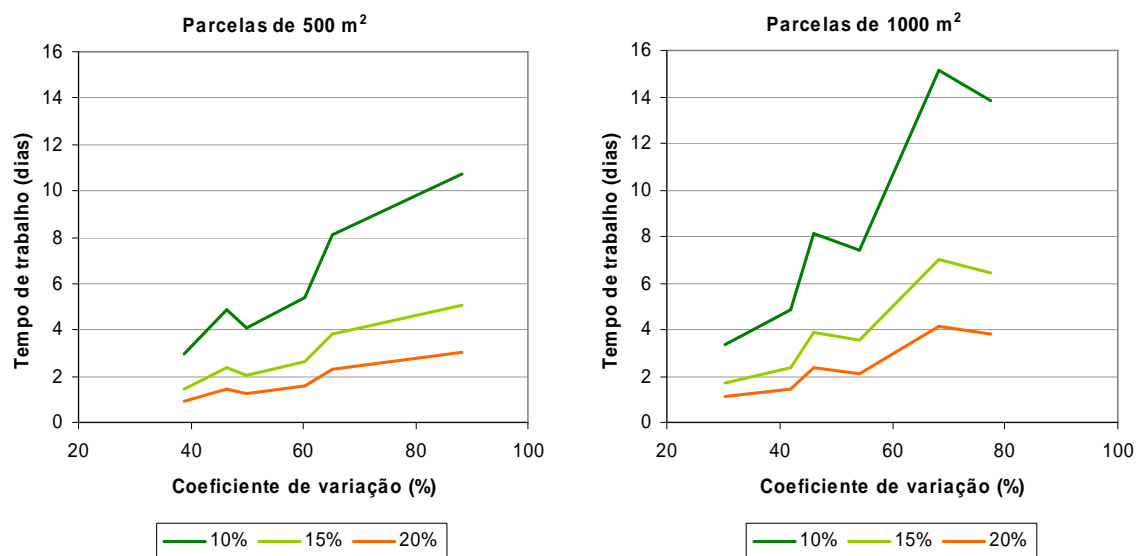


Figura 16. Tempos de trabalho estimados para a amostragem com parcelas de 500 e 1000 m² para obter o erro de amostragem pretendido na avaliação do número de árvores por ha.

4.2 Desenvolvimento de equações para a predição do peso seco de cortiça de 9 anos, ao nível da árvore

Na presente versão do modelo SUBER, optou-se por construir um modelo que utilizasse as variáveis preditoras com boa capacidade preditiva, não só para o peso de cortiça, mas também com interesse para as simulações a realizar com o modelo:

1. O diâmetro sem cortiça (du);
2. A altura de descortiçamento total (hdtot), a qual permitirá simular o efeito de diferentes coeficientes de descortiçamento;
3. O calibre (ct), o qual permitirá estabelecer a diferença na produção de povoamentos com diferentes distribuições de calibres.

Testaram-se ainda outras variáveis preditoras, que têm sido utilizadas por diversos autores, mas o objectivo principal foi o de que as variáveis acima listadas fizessem parte do modelo final seleccionado. Foram testados os seguintes modelos: i) modelo linear; ii) modelo alométrico; iii) modelo log-linear (ou alométrico linearizado).

O modelo incluído actualmente no modelo SUBER foi desenvolvido com base numa amostra de 184 árvores, localizadas nos concelhos de Coruche e Chamusca. A amostra utilizada na sua construção era demasiado localizada pelo que se considerou pertinente reajustar o modelo, no âmbito do presente projecto, com um maior número de dados, quer os obtidos no âmbito do presente projecto, quer outros também disponíveis na base de dados SUBER-DATA. A tabela 10 caracteriza os dados utilizados no desenvolvimento do novo modelo e que correspondem a pesos secos de cortiça em 702 árvores localizadas em diversos pontos do país.

Tabela 10. Caracterização dos dados disponíveis para o desenvolvimento do modelo para a previsão do peso seco de cortiça amadia (n=702).

Variável	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
du (cm)	39.08	13.70	15.60	108.22
hd (m)	3.16	2.44	0.80	14.60
ct (mm)	29.50	8.30	6.37	77.19
nbr1u	0.93	1.22	0	5.00

A tabela 11 mostra os modelos que foram testados. O modelo linear mostrou um comportamento nitidamente inferior aos restantes, mostrando a não linearidade inerente à

relação entre as variáveis em causa. A heterocedasticidade foi aparente em todos os modelos, com excepção do modelo log-linear. Nos restantes modelos recorreu-se, portanto, à regressão ponderada para ultrapassar o problema. Houve também a necessidade de recorrer ao método de Huber para contornar a não normalidade dos resíduos.

Tabela 11. Modelos candidatos testados para a modelação do peso seco de cortiça amadia.

Modelo	Expressão matemática
Linear	$wc_a = a_0 + a_1 du + a_2 hdtot + a_3 ct$
Não linear	$wc_a = k du^a hdtot^b ct^c$
Não linear – B	$wc_a = k (du + 2 ct/10)^a hdtot^b$
Log-linear	$\ln(wc_a) = a_0 + a_1 \ln(du) + a_2 \ln(hdtot) + a_3 \ln(ct)$

O modelo alométrico não linear com a mesma formulação que o considerado na presente versão do modelo SUBER foi portanto o seleccionado. No ajustamento do modelo anterior, verificou-se que a variável nbr1u (número de pernadas descortiçadas) não foi significativa, uma vez que os modelos incluíam a altura de descortiçamento total. No presente estudo, esta variável foi significativa quando introduzida no expoente do du. No entanto, por um lado, o modelo não melhorou praticamente a sua capacidade preditiva e, por outro lado, o coeficiente associado à variável apresentou um sinal negativo, o qual não é biologicamente coerente. Optou-se portanto por não incluir esta variável no modelo. O modelo seleccionado inclui o calibre da cortiça como variável dependente pelo que, em certa medida, produz estimativas ajustadas para diferentes regiões, uma vez que o calibre médio mostra uma certa correlação com as variáveis climáticas, como foi mostrado por Tomé (2004). Mesmo assim, foi testada a significância de incluir variáveis climáticas no modelo. Uma vez que nem sempre se dispõe de informação sobre o calibre da cortiça foram também desenvolvidas equações independentes desta variável, assim como equações em que o calibre de cada árvore foi substituído pelo calibre médio da herdade. A tabela 12 mostra os diversos modelos obtidos e a tabela 13 as correspondentes estatísticas utilizadas para avaliar a respectiva capacidade preditiva.

Note-se que os modelos presentes na tabela 12 fornecem o peso seco de cortiça de 9 anos. Se se pretender uma estimativa do peso seco ao ar, basta multiplicar por 1.07. Se se

pretender estimar o peso de uma cortiça com idade diferente de 9 anos (inferior ou superior) deverá usar-se a metodologia proposta por Tomé (2004) e que é utilizada pelo modelo SUBER.

Tabela 12. Modelos para a predição do peso seco de cortiça amadia de 9 anos.

Modelo alométrico sem ct (Mod1)
$wc_a = 0.19997 \ du^{0.8999} \ hdtot^{0.6076} \ ct^{0.3531}$
Modelo alométrico apenas com variáveis climáticas (Mod2)
$wc_a = (-0.2343 + 0.0378 \ temp - 0.00074 \ evp) \ du^{1.0152} \ hdtot^{0.5590}$
Modelo alométrico com ct (Mod3)
$wc_a = 0.19997 \ du^{0.8999} \ hdtot^{0.6076} \ ct^{0.3531}$
Modelo alométrico com ct e variáveis climáticas (Mod4)
$wc_a = (0.0402 + 0.0136 \ temp - 0.00023 \ evp) \ du^{0.9628} \ hdtot^{0.5734} \ ct^{0.4067}$

Onde: wc_a é o peso seco de cortiça de 9 anos (kg); du é o diâmetro sem cortiça (cm); $hdtot$ é a altura de descortiçamento total (m); ct é o calibre da cortiça cozida (cm); $temp$ é a temperatura média anual (°C), evp é a evapotranspiração total; p é a precipitação média anual (mm)

Tabela 13. Capacidade preditiva dos modelos testados para a predição do peso seco de cortiça amadia.

Função	Estatísticas de predição				
	Média rp	Média rp	P95	P5	Mod eff
Mod1	0.2183	6.7278	15.97	-13.71	0.8065
Mod2	0.1817	6.4838	16.17	-13.15	0.8215
Mod3	0.0105	6.0319	14.53	-11.56	0.8353
Mod4	-0.0404	5.5941	13.33	-10.06	0.8504

Onde: Média rp é a média dos resíduos press; Média |rp| é a média do valor absoluto dos resíduos press; P95 e P5 são os percentis 95% e 5% da distribuição dos resíduos press e Mod eff é a eficiência de modelação.

As equações utilizam a variável altura de descortiçamento total ($hdtot$), a qual implica a medição do comprimento descortiado ao longo das pernadas. Para evitar a medição, bastante morosa, desta variável, desenvolveu-se um modelo que permite prever a altura de descortiçamento total em função da altura do fuste (hs , m), da altura de descortiçamento vertical (hdv , m) e do número de pernadas descorteadas ($nbru1$), de medição muito mais fácil:

$$\text{hdtot} = -0.36566 + 1.03383 \text{ hs} + 0.68044 (\text{hdv} - \text{hs}) \text{ nbru1}$$

A aplicação dos modelos com variáveis climáticas (Mod2 e Mod4) implicam o conhecimento dos dados climáticos para a herdade ou, alternativamente, pode recorrer-se aos valores médios para o concelho, os quais se encontram no Anexo 12.

Tarefa 5. Desenvolvimento de uma metodologia para estabelecer a ligação entre os dados de inventário e o modelo SUBER

A versão do modelo SUBER v3.0 que estava implementada em programa de computador (Visual Basic) na fase de candidatura do presente projecto utilizava, como unidade de simulação, uma parcela. Punha-se então o problema de decidir qual a metodologia para “transformar” os dados provenientes de um inventário florestal – medição de um conjunto de parcelas – numa parcela que pudesse depois ser utilizada pelo modelo SUBER.

Na altura punham-se-nos duas alternativas:

- a) simulação do desenvolvimento de cada parcela e apuramento de resultados ao longo do tempo
- b) utilização dos dados do inventário para simular uma parcela “média” representativa do povoamento e simulação do desenvolvimento desta parcela

Foram testadas as duas alternativas, tendo-se chegado à conclusão que ambas produzem resultados semelhantes, desde que a simulação da parcela “média” tenha uma área razoável. O Anexo 13 resume a análise que foi realizada para determinar a dimensão mais adequada para a parcela média. O estudo baseou-se na simulação sucessiva, para cada herdade e com recurso a simulação Monte-Carlo, de parcelas com 1, 2, 3, 4 e 5 ha. As distribuições de diâmetros, calibres, qualidades e ano de descortiçamento destas parcelas simuladas foram confrontadas com as obtidas com todas as parcelas e as diferenças testadas com base no teste do Qui-Quadrado. A conclusão deste estudo foi de que uma parcela “média, simulada com base em simulação Monte-Carlo reproduz bem as distribuições reais desde que tenha uma área de 2 ha e um número de árvores superior a 150.

Posteriormente testou-se a simulação da parcela “média” por amostragem do conjunto dos dados reais. Simularam-se, do mesmo modo, parcelas com 1, 2, 3, 4 e 5 ha. As conclusões foram idênticas às obtidas para as parcelas simuladas por simulação Monte-Carlo.

A figura 17 mostra uma das várias comparações que foram feitas dos resultados obtidos com o modelo SUBER a partir dos dados das várias parcelas medidas durante o inventário florestal (método a) ou a partir duma parcela “média” simulada por um dos métodos acima descritos. Como se pode ver os resultados são bastante semelhantes.

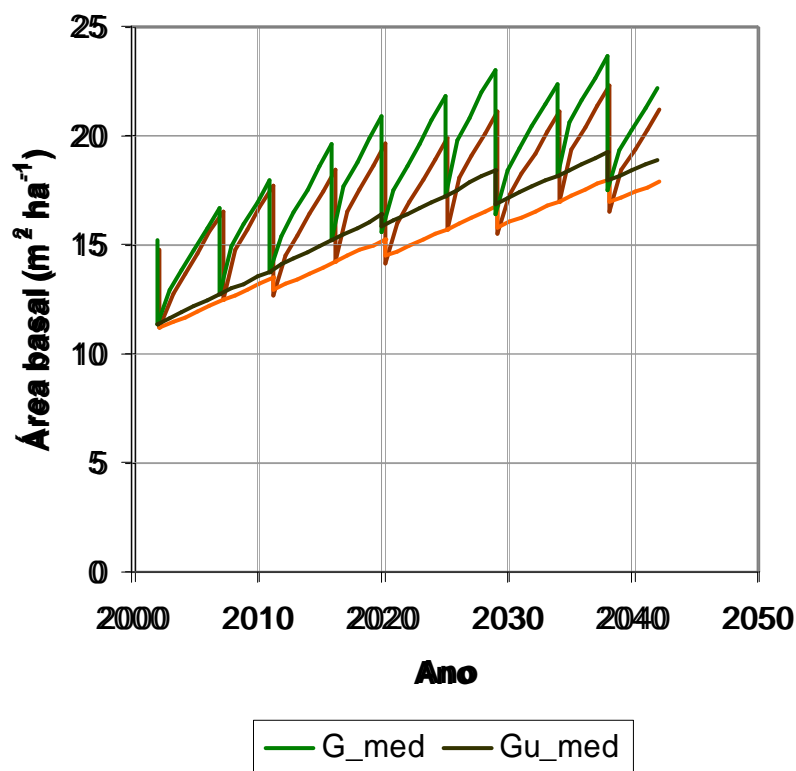


Figura 17. Comparação de uma simulação realizada com o modelo SUBER com base nos dados das diversas parcelas de um inventário florestal ou a partir de uma parcela “média”

Muito embora tenha ficado comprovado que, para efeito de análise de alternativas de gestão, é quase equivalente utilizar todos os dados do inventário ou uma parcela “média” simulada, a conclusão que tirámos deste estudo foi a de que, uma vez que já dispomos do software necessário para simular conjuntamente todas as parcelas medidas, está será com certeza a melhor opção. O software agora disponível – SUBER-FOR – não inclui nenhuma rotina de visualização. Na futura versão, que está em preparação, propõe-se que as simulações cujos resultados serão utilizados na análise económica e consequente selecção de alternativas de gestão, sejam baseadas na simulação conjunta de todas as parcelas. A visualização deverá ser, contudo, baseada numa parcela “média” simulada por amostragem.

Tarefa 6. Programação de interfaces computacionais

As primeiras versões do modelo SUBER (Tomé *et al.* 1998, 1999, 2001) foram substituídas no início de 2004 por uma nova versão desenvolvida no âmbito do projecto POCTI/AGR/35172/99 (Tomé, 2004). No âmbito do presente projecto foram feitos alguns ajustamentos a esta nova versão. As equações utilizadas na presente versão, para a predição do crescimento das árvores, assim como para a predição do crescimento e da produção de cortiça, encontram-se no Anexo 14. Com base nestas equações e na estrutura do modelo desenvolvida no já referido projecto foi escrito um programa FORTRAN – SUBER-FOR – que tem as seguintes funcionalidades:

1. Alternativamente, permite simular conjuntamente todas as parcelas medidas, sendo os resultados produzidos calculados como médias (e respectivos intervalos de confiança) para os valores simulados de cada parcela
2. Permite, a partir de dados de um inventário florestal, simular uma “parcela média”, a qual será a base de todas as simulações

O SUBER-FOR funciona de forma interactiva, de fácil apreensão, embora não tenha incluída nenhuma rotina para visualização de gráficos ou cartas de povoamento. No entanto, o programa em que foi implementado foi essencial para a análise da lógica do modelo, assim como para a detecção da necessidade de alguns módulos que não haviam sido inicialmente previstos. Será também essencial para a validação da versão interactiva com rotina de visualização da nova versão do SUBER em Visual Basic, a qual se prevê para muito breve.

Tarefa 7. Manual para a preparação de planos de gestão de montados de sobre apoiados em inventário florestal e no modelo SUBER

A preparação de um plano de gestão de gestão compreende várias etapas:

1. Preparação de cartografia
2. Definição de povoamentos (folhas) homogéneos a cada um dos quais serão aplicadas as mesmas operações de gestão
3. Inventário florestal com o objectivo de caracterizar cada um dos povoamentos homogéneos
4. Formulação de alternativas de gestão: por exemplo, diferentes periodicidades de extracção da cortiça, diferentes densidades do povoamento, programação de acertos de meças, etc
5. Utilização do modelo SUBER para testar cada uma das alternativas possíveis. O modelo SUBER fornece, para cada alternativa, o valor actual líquido (VAL)

As tarefas desenvolvidas neste projecto centram-se em torno das tarefas 3 e 5. Optou-se, assim por produzir dois manuais complementares, um referente ao inventário florestal, outro sobre a utilização do modelo SUBER.

Nos Anexos 5 e 6 encontram-se os “drafts” destes manuais. Como já se mencionou na introdução, estes manuais não são já os definitivos uma vez que a versão 4 do modelo SUBER só estará disponível no final de 2005, aquando da conclusão do projecto SUBERWOOD.

Tarefa 8. Divulgação dos resultados

A divulgação dos resultados do projecto foi feita de acordo com o inicialmente programado:

1. Página internet específica para o projecto, à qual se pode aceder através das páginas do ISA e do DEF
2. Apresentação dos resultados do projecto em vários congressos e seminários (listadas na introdução, ponto 5.4)
3. Apresentação feita na CAP, no dia 22 de Junho de 2002 dos resultados deste projecto e do projecto POCTI/AGR/35172/99 (Anexo 11)
4. Diversas publicações (listadas na introdução, pontos 5.1, 5.2 e 5.3)
5. Está ainda prevista uma apresentação conjunta deste projecto e de um projecto AGRO nº 329, coordenado pela ACHAR no dia 23 de Setembro, na Chamusca. Esta apresentação incluirá uma sessão prática em computador para que os utilizadores se familiarizem com o modelo SUBER-FOR
6. Está ainda em preparação um conjunto de publicações que se listaram na introdução, ponto 5.5

Referências bibliográficas

- Aires, N., 2002. Inventário de um montado de sobro para efeitos de gestão apoiado no modelo SUBER. Trabalho Final de Curso em Engenharia Florestal, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal.
- Almeida, A. M., 2003. Delineamento da amostragem para avaliação do valor da cortiça no campo. Tese de Mestrado em Engenharia dos Materiais Lenho-Celulósicos, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal.
- Cunha, I. B. & Tomé, M., (em preparação). Comparação de três métodos de amostragem para a caracterização de montados de sobro para efeitos de gestão. Relatórios Científicos do GIMREF, nº RC 1/2005. Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal.
- Cunha, I. B., 2004. Análise de estratégias de amostragem para a caracterização de montados de sobro. Trabalho Final de Curso em Engenharia Florestal, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal.
- Paulo, M. J., Tomé, M., Otten, A. & Stein, (submitted). A. Comparision of three sampling methods in the characterisation of cork oak stands for management purposes.
- Pyrrait, V., 2003. Análise de estratégias de amostragem para a caracterização de montados de sobro com o objectivo de inicializar o modelo SUBER. Trabalho Final de Curso em Engenharia Florestal, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal.
- Ribeiro, F. & M. Tomé, 2000a. Classificação climática de Portugal. Revista de Ciências Agrárias, XXIII (2), pp. 39-50.
- Ribeiro, F. & Tomé, M., 2000b. Equações para a estimação do peso de cortiça seca ao ar ao nível da árvore na região de Coruche. Relatórios técnico-científicos do GIMREF, nº 2/2000. Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Tomé, M., 2004. Modelo de crescimento e produção para a gestão do montado de sobro em Portugal. Relatório final do projecto POCTI/AGR/35172/99. Relatórios de projectos do GIMREF, nº RFP 1/2004. Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia.
- Tomé, M., Coelho, M. B., Almeida, A. & Lopes, F., 2001. O modelo SUBER. Estrutura e equações utilizadas. Relatórios técnico-científicos do GIMREF nº 2/2001. Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal.

- Tomé, M., Coelho, M. B., Lopes, F. & Pereira, H., 1998. Modelo de produção para o montado de sobro em Portugal. In: H. Pereira (Ed), Cork Oak and Cork, European conference on cork-oak and cork, Lisboa, Portugal, pp. 22-46.
- Tomé, M., Coelho, M. B., Pereira, H. & Lopes, F., 1999. A management oriented growth and yield model for cork oak stands in Portugal. In: A. Amaro & M. Tomé (Eds), Empirical and Process-Based Models for Forest Tree and Stand Growth Simulation, Edições Salamandra, Novas Tecnologias, Lisboa, Portugal, pp. 271-289.
- Zeide, B., 1980. Plot size optimisation. Forest Science 26: 251-257.